ORIGINAL-BAUPLÄNE

DMV

Klaus Schlenzig

Elektronische Schalt- und Überwachungsgeräte ZERBERUS I bis VI

Preis: 1,– MDN

Originalbauplan Nr. 3

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung

Dieser Bauplan setzt die mit „START 1 bis 3" und „DIALOG" begonnene Reihe fort, in der unsere Jugendlichen – und nicht nur sie – Anregungen finden sollen, sich mit Problemen der Elektronik zu beschäftigen, ihre vielfältigen Möglichkeiten kennenzulernen, um dann die technischen Einzelheiten zu beherrschen. Diese Baupläne stellen einen Beitrag dar zur elektronischen Massenarbeit, wie sie vom III. Kongreß der Gesellschaft für Sport und Technik beschlossen wurde. Das Deutsche Institut für Berufsbildung nimmt auf Inhalt und Gestaltung beratend Einfluß, so daß die Baupläne besonders auch die polytechnische Ausbildung unterstützen, Arbeitsmaterial für die vielen bereits bestehenden Arbeitsgemeinschaften bieten und nicht zuletzt den Angehörigen der NVA interessante Freizeitbeschäftigung ermöglichen.

1.1. Die Rolle der Information in der Technik

Ein wichtiges Mittel im Zusammenleben der Menschen stellt der Gedankenaustausch dar. Heute ist es prinzipiell möglich, jedem Menschen an jedem Punkt der Erde, ja selbst im Weltraum, zu beliebiger Zeit Informationen zukommen zu lassen. Hauptmittel dabei ist der Rundfunk. Teilnahme an diesem Nachrichtenaustausch setzt entsprechende technische Mittel voraus. Eines von ihnen ist der Empfänger, abgestimmt auf die gewünschte Frequenz. Einfache Empfänger zum Selbstbau beschrieb Bauplan Nr. 1. Das andere Hauptmittel unmittelbaren Nachrichtenaustausches ist die Verbindung „per Draht". Einfache Einrichtungen dieser Art beschrieb Bauplan Nr. 2.
Der Austausch von Informationen zwischen den Menschen ist nur die eine Seite, und sie muß sich auch nicht auf den „Wortwechsel" beschränken; schon das Klingelzeichen einer Person, die sich vor der Wohnungstür befindet, ist eine Information; sie drückt meist den Wunsch des Betreffenden aus, eingelassen zu werden. – Auch der Pfiff eines Wasserkessels stellt eine Information dar: „Wasser kocht"; gleichzeitig signalisiert sie, daß es Zeit ist, Gas oder Strom abzudrehen, wenn nicht das Wasser verdampfen und schließlich der Kessel zerstört werden soll.
Informationen können aber auch von Maschine zu Maschine gegeben werden. Das beliebteste einfache Beispiel – die selbständige Temperaturregelung: Ein Thermometer – meist mit einem Kontakt für die Weitergabe der Information versehen – signalisiert einer bestimmten Einrichtung, daß eine vorgegebene Solltemperatur erreicht ist. Darauf unterbricht oder drosselt diese die Heizung so lange, bis das Unterschreiten des Sollwerts

gemeldet wird. Für einen solchen Vorgang prägte man den Begriff **Regelung;** denn das Thermometer mißt die Raum- oder Behältertemperatur, während die technische Einrichtung hinter dem Thermometer dafür sorgt, daß diese Temperatur entsprechend der gelieferten Information beibehalten wird. Eine **Steuerung** hingegen läge vor, wenn man auf die Raumtemperatur etwa auf Grund einer Information Einfluß nehmen würde, die von außen kommt (z. B. Außentemperatur). Es ist leicht einzusehen, daß „Störgrößen" (Öffnen eines Fensters u. ä.) dabei nicht berücksichtigt werden.
In beiden Fällen können die Information und ihre Auswertung natürlich auch wieder über den Menschen gehen, der die Heizung betätigt – im Falle der Regelung nach Ablesen des Innen-, im Falle der Steuerung nach Ablesen des Außenthermometers.
Die Prinzipien der Aufnahme, Aufbereitung und Auswertung von Informationen aus der Umwelt findet man heute in der gesamten Technik. Die höchste Stufe bildet ihre Anwendung in kybernetischen Systemen. Über dieses Gebiet bringen heute viele Veröffentlichungen Wissenswertes, angepaßt den verschiedensten Bildungsstufen und ausgewertet bis zur Anleitung zum Selbstbau kybernetischen „Spielzeugs".
Gerade deshalb ist eine gute Basis technischer Art so wichtig. Die im vorliegenden Bauplan beschriebenen Schaltungen tragen dazu bei. Sie lassen gleichzeitig erkennen, wie umfangreich die Anwendungsmöglichkeiten dieser Geräte sind, auch wenn sie nicht in einem kybernetischen Modell zusammenspielen. Mit entsprechender Phantasie und Initiative (übrigens sind das die Eigenschaften, die den Menschen auch über die vollkommenste kybernetische Maschine erheben!) erreicht man den vielfältigsten Einsatz der beschriebenen Geräte in Betrieb, Schule, Haushalt usw.

1.2. Der Sinn elektronischer Schalt- und Überwachungseinrichtungen

Prinzipiell könnte man jeden technischen Vorgang „automatisieren"; ob es sich um das Abschalten der obenerwähnten Gasflamme handelt, um das automatische Öffnen einer Tür oder um einen ganzen Produktionsprozeß. In sehr vielen Fällen begnügt man sich jedoch mit einer Informationsübermittlung, die in einem Signal endet, auf das der Mensch unmittelbar reagiert oder das zunächst gespeichert wird (z. B. in einem Zählwerk). Dafür gibt es die verschiedensten Gründe. Hauptfaktor ist meist das Verhältnis Aufwand zu Nutzen. Der vorliegende Bauplan bemüht sich, beim Aufwand geringzubleiben. Er ist jedoch unterschiedlich, denn er hängt stark vom Aufnahmeorgan der Information ab. Betrachtet man z.B. die Stückgutzählung, so könnte diese mit einem Kontakt beginnen. Stört sein mechanischer Einfluß auf die Güter aber deren Durchfluß, so muß man auf Licht o. ä. übergehen. Lichtempfindliche Elemente aber sind teurer als einfache Kontakte.
Beim Begriff der „Überwachung" (Zerberus war in der griechischen Sage der Wachhund am Eingang zur Unterwelt) sollte man übrigens nicht ausschließlich an Sicherung gegen böswilligen Eingriff denken. Überwacht werden müssen Produktionsprozesse auf einwandfreien Ablauf, wachen soll die Automatik auch über das Wohl des Menschen (z. B. wenn er in gefährliche Nähe einer Maschine gerät) und vieles andere mehr.
Sinn des vorliegenden Bauplans soll es sein, mit relativ einfachen Möglichkeiten für Überwachungszwecke und mit vielfach praktisch einsetzbaren elektronischen Schaltern, betätigt z. B. durch Licht oder Schall, vertraut zu machen.

2. Einige Prinzipien der Aufnahme, Aufbereitung und Ausgabe von Signalen

Die beschriebenen Geräte bestehen grundsätzlich aus drei Teilen; Bild 1 gibt eine Übersicht der verschiedenen Anwendungen, die keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt.

2.1. Signalaufnahme

Im einfachsten Fall kann die aus der Umwelt kommende Information über einen Kontakt auf das Gerät wirken. Der Kontakt ist also die Stelle der Umsetzung der Information in einen elektrischen Strom. In Geräten, die selbst Anwendungen der Elektrotechnik darstellen, kann dieser Strom für die Überwachungseinrichtung auch aus dem Spannungsabfall über einem Widerstand gewonnen werden oder aus der Gleichrichtung einer Wechselspannung (Beispiel: Regelspannung eines Empfängers bei schwankender Eingangsspannung).
Bei der Überwachung eines Flüssigkeitsstands läßt sich der Stromfluß mit einer Hilfsbatterie und zwei Graphitelektroden erzeugen, wenn die Flüssigkeit den Strom leitet (z. B. Wasser, das nicht destilliert ist). Der Stromkreis schließt sich, wenn die Flüssigkeit die Elektroden erreicht. In Spezialfällen kann sogar die in solchen als Elektrolyt wirkenden Flüssigkeiten entstehende Spannung zwischen einer Metall- und einer Kohleelektrode ausgenutzt werden; allerdings ist das mit einer chemischen Reaktion zwischen Flüssigkeit und Metall verbunden.
Nicht nur das plötzliche Entstehen, auch die von außen bewirkte Änderung eines Stromflusses kann die Information darstellen. Das geschieht z. B. in temperaturabhängigen Widerständen (besonders wirksam sind hier Sinterhalbleiter, Thermistoren) oder in Fotowiderständen. Spannungen und damit Eingangsströme kann die Einrichtung schließlich auch erhalten von Thermoelementen, Fotoelementen oder Mikrofonen.
Die aus der Information gewonnenen Ströme sind, abhängig von Aufnahmeorgan und Intensität des „Reizes" oder seiner Änderung, von sehr unterschiedlicher Größe. In den meisten Fällen muß man sie verstärken. Dabei spielt auch eine Rolle, ob langsame Übergänge oder schlagartige Änderungen auftreten. Das bestimmt die Art des Verstärkers und oft auch die des Ausgabeteils (Näheres unter 2.2. und 3.).
Bild 2 faßt gebräuchliche Aufnahmeorgane für die Information zusammen, und Tabelle 1 informiert über ihre Eigenschaften.

Weg des Signals (der Information)
„Stationen"

Entstehung — Informationsquelle
Übertragung — Informationsart
Aufnahme / Umsetzung — Aufnahme-Organ (erster Informationswandler; belieb. Informat. wird z. elekt. Sign.)
Aufbereitung
Ausgabe — Ausgabe-Organ (2. Informationswandler, d. elek. Signal wird z. beliebigen Wirkung)

Hilfs-lichtquelle
Stückgut-Transport
Passieren von Personen
Maschinen Prozesse
Lichtquellen (natürliche oder künstliche)
vom Menschen gesendete Information (Licht, Schall)

1a, 1b, 2, 3a, 3b, 4, 5, 6, 7, 8

mechanisch (Berührung)
optisch (Änderungen d. Helligkeit, evtl. bis zum Verlöschen.)
akustisch (Änderung der Lautstärke)
elektro-chemisch (Stromleitung in Flüssigkeit)
thermisch (Änderung der Temperatur)

Kontakt
Selenelement
Fotowiderstand
Mikrofon
Elektroden
Heißleiter

Stromquelle
Verstärker

Lampe
Klingel, Summer, Lautsprech.
Zählwerk
Relais
Motor meist über Relais

automatische Rückführung bei Regelungsvorgängen
menschl. Reaktion
Information d. Menschen

Anwendungen:

1 - mechanische (a) / Licht-(b) Schranke } Alarm (Einbruchsicherung bzw. Schutzvorrichtung optisch) oder Zählen
2 - Überwachung der Helligkeit, Flammenwächter
3 - Überwachung von Prozessen (Maschinengeräusch, Pfeifkessel u. ä.) (a) Einbruchsicherung akustisch (b)
4 - Flüssigkeitsstand (Melder oder Regler)
5 - Grenztemperatur (Melder oder Regler)
6 - Dämmerungsautomatik (Lichtsteuerung!)
7 - Drahtloser Licht → Licht-Schalter (o. ä.)
8 - Drahtloser Schall → Licht-Schalter (o. ä)

Bild 1
Einige Möglichkeiten des Entstehens und der Verwertung von Signalen

Tabelle 1

Aufnahmeorgan	Signal	Art der Umsetzung	Größenordnung/Wirkung	Besonderheiten
Kontakt	Berührung	Widerstand („∞" → „0") sinkt	Stromkreis wird geschlossen, zulässiger Strom von Kontakt abhängig	
Mikrofon (z. B. Kristall- oder perm.-dyn. Lautsprecher)	Schall (Bewegung)	Wechselspannung entsteht	bei „mittleren Lautstärken" (Pfeifen, Rufen) um 1 mV (= 0,001 V), Quellwiderstand einige hundert Kiloohm (Kristallmikrofon), wenige Ohm (Lautsprecher)	Anpassung an Verstärker mit Übertrager möglich
Heißleiter	Temperatur (t°)	Widerstand ($R_{20°} \rightarrow R_{t°}$) sinkt	$R_{20°}$ nach Exemplar, zwischen wenigen Ohm und Megohm erhältlich. Abfall mit Temperatur etwa 3 % je °C	Arbeitsstrom (Verlustleistung) darf nicht größer als nach Datenblatt sein, damit keine Eigenaufheizung entsteht
Fotowiderstand	Licht	Widerstand ($R_{dunkel} \rightarrow R_{hell}$) sinkt	R_{dunkel} im Megohm-Bereich, R_{hell} bis zu wenigen Kiloohm	Lichtkonzentration mit Sammellinsen großer Öffnung verbessert Wirkung
Fotoelement	Licht	Gleichspannung entsteht	U_{hell} (Tageslicht, Mittag) etwa 0,3 V, Quellwiderstand wenige Kiloohm	große Fläche erschwert Lichtkonzentration

112 M
0,5 W Z-8 Ω
t°
E

Bild 2
a – Aufnahmeorgane
b – Schaltzeichen der Aufnahmeorgane nach Bild 2a: temperaturabhängiger Widerstand, lichtabhängiger Widerstand, Fotoelement, Kontakt, Mikrofon, Lautsprecher (als Mikrofon verwendbar)

Information
Kontakt
Selenelement
Fotowiderstand
Mikrofon
Elektroden
Heißleiter
Stromquelle
Gleichstrom-verstärker (2T)
Schwellwert-(2-3T) schalter (Trigger)
Wechselstrom-verstärker (2-3T)
Gleichrichter (2D)
Ausgabeorgan
"2T" = 2 Transistoren
"2D" = 2 Dioden

Bild 3
Notwendiger Aufwand für verschiedene Aufnahmeorgane

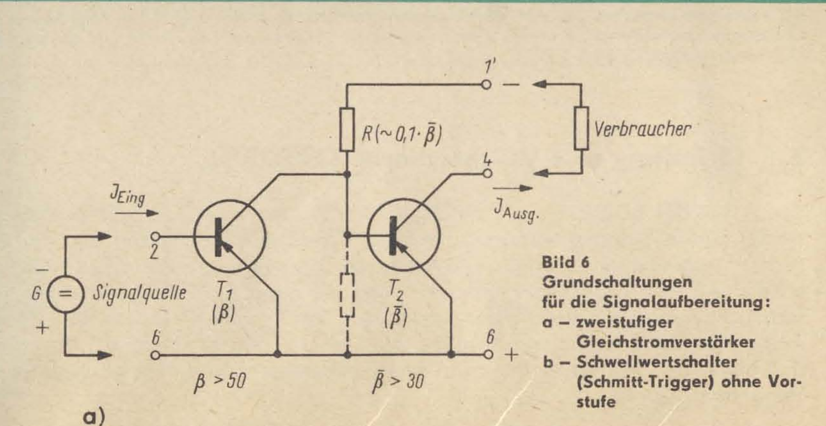


Bild 6
Grundschaltungen für die Signalaufbereitung:
a – zweistufiger Gleichstromverstärker
b – Schwellwertschalter (Schmitt-Trigger) ohne Vorstufe

2.2. Aufbereitung des Signals

Bild 3 gibt eine Übersicht über den notwendigen Aufwand bei Wahl eines bestimmten Aufnahmeorgans. Man erkennt, daß ein Kontakt meist in der Lage ist, direkt eines der unter 2.3. genannten Ausgabeteile zu speisen (also z. B. eine Klingel, ein Zählwerk oder eine Lampe). Aus Tabelle 1 und der in 2.3. folgenden Tabelle 2 ergibt sich jedoch, daß im allgemeinen die anderen Aufnahmeorgane nicht direkt auf die Ausgabeteile wirken können. Dazu sind die gewonnenen Ströme zu klein, von Sonderfällen abgesehen (bei entsprechender Lichtintensität kann z. B. ein genügend hoch belastbarer Fotowiderstand ein Zählwerk schalten).

Das Signal muß also nach seiner Umsetzung in einen Strom verstärkt werden. Bis auf das Mikrofon liefern aber die Bauelemente der Tabelle 1 (wenn die Information nicht durch eine Größe periodisch schwankender Intensität, z. B. an Wechselspannung liegende Lampe, erfolgt) Gleichstrom. Man benötigt daher Verstärker mit galvanischer Kopplung, d. h. ohne die aus Bauplan 1 und 2 geläufigen Koppelkondensatoren. Aktive Elemente dieser Verstärker sind Transistoren. Für den Amateur kommen aus Beschaffungs- und aus Preisgründen nur Germaniumtransistoren in Frage. Diese haben aber einen für galvanische Kopplung großen Nachteil, nämlich einen relativ hohen Reststrom. Das ist ein Strom, der im Ausgangskreis des Transistors bereits fließt, wenn in den Eingangskreis noch gar kein Strom eingespeist wird. Er läßt sich nur mit größerem Aufwand kompensieren, denn er steigt mit wachsender Temperatur. Als Faustregel gilt: Bei je 7 bis 10 °C Temperaturerhöhung verdoppelt sich der Reststrom, den man im allgemeinen in den Daten für 25 °C angibt. Glücklicherweise sind exemplarabhängige Unterschiede festzustellen. Im Anwendungstemperaturbereich muß man nur dafür sorgen, daß der maximal auftretende Reststrom noch genügend weit unter dem für den Verstärker zulässigen bleibt. Man wählt Transistoren mit Restströmen, die in Emitterschaltung bei offener Basis noch möglichst weit unter 100 μA liegen. Für 10 μA z. B. würde sich im härtesten Falle dann bei $(25 + 7) = 32$ °C ein Strom von $2 \cdot 10\,\mu$A ergeben und für $(32 + 7) = 39$ °C ein Strom von $2 \cdot 2 \cdot 10\,\mu\text{A} = 40\,\mu$A. Für einen ursprünglichen Wert von 100 μA bei 25 °C dagegen ergäben sich bereits 400 μA.

Den kleinsten Reststrom soll die erste Stufe aufweisen. Die folgenden, galvanisch angekoppelten Stufen verstärken ihn weiter, und am Ausgang kann schließlich bei zu hoher Temperatur der sonst nur vom Nutzsignal bewirkte Zustand eintreten (z. B. ein Alarmsignal ertönen).

In industriellen Schaltungen begegnet man diesem Übel auf verschiedene Weise, etwa mit Hilfe von Brückenschaltungen, in denen sich der Reststrom kompensiert, vorausgesetzt, die Transistoren haben gleiche Daten. Eine solche Brückenschaltung ähnelt der von Bauplan 1 und 2 her bekannten Gegentakt-Endstufe. Ihr Aufwand ist aber nicht klein. Doch bereits durch niederohmigen Abschluß der Basis-Emitterstrecke läßt sich einiges erreichen, wenn die Daten des Aufnahmeorgans diese Maßnahme zulassen. Ein niederohmiger Verstärkereingang bedeutet nämlich auch eine entsprechende Belastung des für den Verstärker als Quelle wirkenden „Informationswandlers".

Die beschriebenen Anwendungen berücksichtigen aber noch einen anderen Umstand. Das Produkt aus Kollektorstrom und zwischen Kollektor und Emitter liegender Spannung stellt etwa die im Transistor entstehende Verlustleistung dar, die sich in Wärme umsetzt. An einem gesperrten Transistor steht Spannung, doch es fließt nur ein – meist kleiner – Reststrom, während ein weit geöffneter Transistor zwar viel Strom fließen läßt, aber nur einen kleinen Spannungsabfall zeigt. In beiden Fällen ist die Verlustleistung klein. Kritisch kann dagegen ein Arbeitspunkt in der Mitte des Aussteuerbereichs sein, denn dort tritt die größte Verlustleistung auf. Die nähere Erläuterung dieser Tatsachen führt jedoch im Bauplan zu weit. (Hier werden nur die Tatsachen behandelt, die unmittelbar Einfluß auf das Bauplanergebnis nehmen; Näheres siehe „Literatur zum Thema"!)

Man muß also dafür sorgen, daß die Transistoren des Verstärkers im Einsatz – im Gegensatz zum NF-Verstärker – entweder geöffnet oder geschlossen sind. Das erreicht man sowohl mit Schaltungen, die bei einem bestimmten Schwellwert der Information plötzlich vom einen in den anderen Zustand übergehen (es wird vom sog. Schmitt-Trigger Gebrauch gemacht), als auch durch die Art des Eingangssignals. (Eine Lichtschranke kennt nur die beiden Zustände „Licht" und „Dunkel"; der Übergang erfolgt im allgemeinen schnell.)

Weiter ist zu berücksichtigen, daß die „Fehlinformation", die der Reststrom liefert, sich in der Nähe der kritischen Temperatur möglichst in einer Richtung auswirkt, die den geringsten Nachteil bringt. Anders ausgedrückt: Wenn das Gerät bei Überschreiten der zugelassenen Grenztemperatur ausfällt, dann soll es dabei wenigstens so reagieren, daß dieser Zustand Nutzen bringt. Übrigens ist der Ausfall infolge höherer Temperatur bei entsprechend ausgelegter Schaltung nicht identisch mit ihrem „Tod". Nach Abkühlung arbeitet sie meist wieder normal, wenn nicht gerade höhere als für Halbleiter zulässige Temperaturen (über 75 °C) aufgetreten sind.

Fällt z. B. durch vorübergehende Aufheizung des Wageninneren auf 40 °C und mehr die Dämmerungsautomatik einmal aus, so schaltet sie in diesem Fall noch das Parklicht ein, so als ob die Dämmerung hereingebrochen wäre. Das ist ein kleineres Übel (wenn der Akku nicht gerade leer ist und man nachher nicht starten kann) als ein Strafmandat. Dieses wäre das Ergebnis, wenn das Gerät den Reststrom als Information „die Sonne geht auf" gewertet und das Licht abgeschaltet hätte.

Für die beschriebenen Anwendungen kommt auf Grund der bisherigen Überlegungen eine Grundschaltung in Frage, die nach Bedarf als Trigger (aus dem Engl.: Auslöser) oder einfacher Gleichstromverstärker ausgelegt werden kann. Für den Trigger ist außerdem noch eine Vorstufe beschrieben. Näheres dazu folgt unter 3. Der NF-Verstärker für die Akustikschalter wird nur kurz behandelt, da seine Funktion bereits aus Plan 1 und 2 geläufig ist.

2.3. Ausgabe des Signals

Dabei ist zu unterscheiden zwischen Einrichtungen, die akustisch oder optisch die aufbereitete Information unmittelbar bzw. über Zwischenspeicher (Zählwerk!) an den Menschen weitergeben, und solchen, die selbständig einen Vorgang einleiten, sobald am Eingang eine entsprechende Information eintrifft (dies sind vor allem Relais). Beide lassen sich nicht immer klar voneinander trennen.

Zur Gruppe der akustischen oder optischen Ausgabeorgane gehören Klingeln, Lautsprecher, Schauzeichen, Lampen und Zählwerke. Eine Zwischenstellung nehmen Leistungstransistoren ein, die statt eines Relais hinter dem unter 2.2. genannten Vorverstärker folgen können. Die Bestückung mit mehreren Umschaltkontakten ermöglicht es dabei den empfohlenen Relaistypen, mehrere Stromkreise gleichzeitig zu öffnen oder zu schließen. Bild 4 zeigt verschiedene Ausgabeorgane, Bild 5 ihre Schaltzeichen. Die Wirkung eines Relais beruht auf der Tatsache, daß eine stromdurchflossene Spule in sich ein Magnetfeld aufbaut und daß ein in dieses gestecktes Eisenstück andere Eisenteile anzieht. Je mehr mechanischen Widerstand (beim Relais durch die Schalterfedern gegeben) diese Eisenteile der Anziehung entgegensetzen, um so mehr Strom muß bei einer gegebenen Windungszahl durch die Spule geschickt werden. Da der Spulendraht einen bestimmten elektrischen Widerstand hat, hängt der Strom von der angelegten Spannung ab. Aus diesem Grunde ist beim Einkauf auf diesen Wickelwiderstand zu achten. Er liegt für 6 V bei den empfohlenen kleinen Typen um 100 Ohm. Tabelle 2 informiert über deren Eigenschaften. Mehr über Relais bringt die entsprechende Broschüre der Reihe „Der praktische Funkamateur" (siehe Literatur).

Es wurde darauf verzichtet, Anwendungen für höhere Spannungen in den Bauplan aufzunehmen, damit für den Anfänger keine Gefahr besteht. Die hier verwendeten Relais dürfen kontaktseitig höchstens 100 V erhalten; der Strom ist ebenfalls auf maximal 1 bis 2 A (je nach Typ) begrenzt. Selbstverständlich gibt es auch höher belastbare Relais, mit denen man 220-V-Geräte (Beleuchtung u. ä.) schalten kann und deren Erregerstrombedarf wegen der erforderlichen Kontakteigenschaften entsprechend größer ist. Ihr Einsatz wird jedoch nur dem fortgeschritteneren Amateur empfohlen. Der größere Erregerstrom kann z. B. mit einem der genannten Schwachstromrelais geschaltet werden.

Ähnlich dem Relais arbeitet der Gesprächszähler, bei dem jeder Stromstoß ein Ziffernrad weiterschaltet und dessen moderne Variante 5 Stellen hat.

Wie eine Klingel funktioniert, wird bereits dem jüngsten Anfänger geläufig sein.

Auch der Lautsprecher beruht auf der magnetischen Wirkung des elektrischen Stromes, nur daß sich dabei eine vom Tonfrequenzstrom durchflossene Spule im Feld eines Dauermagneten bewegt und dadurch die mit ihr verbundene Papiermembran zum Schwingen bringt. Dieses Ausgabeorgan ist auch als Aufnahmeorgan geeignet.

Bei der Glühlampe muß man berücksichtigen, daß sich die aufgedruckte Stromangabe auf die Nennspannung bezieht. „Kalte" Fäden (also Lampen bei zu getinger Spannung) weisen nur einen Bruchteil dieses Widerstands auf. Die Aussteuerung von Transistoren, in deren Kollektorkreis eine solche Lampe liegt, darf daher nicht wesentlich größer gewählt werden, als dem im „warmen" Zustand notwendigen Lampenstrom entspricht. Andernfalls besteht die Gefahr, daß über den im Einschaltaugenblick kalten Glühfaden ein unzulässig hoher Strom durch den Transistor fließt, der ihn zerstören kann. Zerstörungsgefahr bildet auch das plötzliche Sperren eines mit einem Relais belasteten Transistors. Das dann sehr schnell zusammenbrechende Magnetfeld des Relais liefert eine in manchen Fällen gefährlich hohe Induktionsspannungsspitze, deren Höhe vom vorher fließenden Strom, von der Geschwindigkeit seiner Änderung und von der Relaisinduktivität (bestimmt durch die Windungszahl) abhängt. Eine einfache Gegenmaßnahme stellt eine parallel zur Wicklung liegende Diode dar, die für die Batteriespannung in Sperrichtung geschaltet ist und nur für die Induktionsspannung öffnet, die sie auf diese Weise begrenzt. Gut eignet sich die OY 100 (GY 100); notfalls reicht OA 625. Der Pfeil des Symbols (bzw. der grüne Ring bei OA 625) muß in Kollektorrichtung zeigen. Dieser Zusatz kann in jeder der beschriebenen Anwendungen angebracht werden, in denen Relais zum Einsatz kommen.

Beim Eingang des Gleichstromverstärkers muß man stets darauf achten, daß hier die Basis nicht durch einen Kondensator geschützt ist! Es besteht daher immer die Gefahr, daß für den ersten Transistor zu hoher Strom eingespeist wird. Die beschriebenen Anwendungen sind zwar entsprechend dimensioniert, doch kann jedem Anfänger einmal ein Irrtum unterlaufen: Vorsicht also beim erstmaligen Anschluß eines Aufnahmeorgans!

Es kommt vor, daß der Endtransistor eine Stromverstärkung aufweist, die andere als die im Beispiel angegebenen

Tabelle 2

Ausgabeorgan	Wirkung	Art der Umsetzung	Größenordnung der Wirkung, Besonderheiten	Beispiele
Lampe	Lichtsignal	Wärmewirkung des Stromes	kleine Helligkeit, da Transistoren des Bauplans nur kleine Ströme bei kleiner Spannung zulassen	6 V/0,05 A; 4 V/0,1 A; 3,8 V/0,07 A
Relais	Schalten größerer Ströme, auch für Selbsthaltung	magnetische Wirkung des Stromes	Kleinrelais schalten etwa 1 A bei etwa 60 V, aber nicht gleichzeitig (Produkt muß unter ~ 20 W liegen) bei reiner Widerstandslast, also ohne Spulen	GBR 301 . . . 303 (WBN Großbreitenbach) für 6 V (0335–3): 68 mA, 88,3 Ω ; ST 10 (Freiberger Werkst. für Elektromechanik) für 6 V, 120 Ω
Zählwerk	Zählen der Schaltimpulse (optische Information)	magnetische Wirkung des Stromes	z. Z. mit 5 Ziffernrädern erhältlich, zählt also bis 99999 Impulse. Keine Rückstellmöglichkeit	Gesprächszähler 58 TGL 9869
Summer	Schallsignal niedriger Frequenz	magnetische Wirkung des Stromes, mit Selbstunterbrechung oder durch Wechselstrom betätigt	sehr niederohmig (< 10 Ω), für Wechselspannungssummer am besten aus Klingeltrafo speisen, etwa 0,5 A bei 5 V	TGL 200-7020 Gr. I, 4 bis 6 V/5 Ω (Wechselspannungssummer)
Lautsprecher	Schallsignal beliebiger Hörfrequenz	magnetische Wirkung des Stromes, mit Wechselstrom betätigt	sehr niederohmig (< 10 Ω), aber höhere Frequenzen und dadurch größere Lautstärke möglich. Mit Anpassungstrafo aus Kleinleistungstransistor zu speisen, der als Generator oder Wechselspannungsverstärker geschaltet ist	LP 558 (8 Ω/0,1 W) LP 559 (5 Ω/1 W) L 112 M (8 Ω/0,5 W)

Werte erfordert. Für seinen Kollektorstrom ist vor allem der vom negativen Batterieanschluß nach seiner Basis geschaltete Widerstand maßgebend. Man beginne daher mit einem größeren Wert und verkleinere vorsichtig so weit, bis bei gesperrtem Vortransistor – Basis mit Emitter verbunden – das im Kollektorkreis liegende Ausgabeorgan richtig arbeitet. Das bedeutet beim Relais, daß es gerade sicher anzieht, bei der Glühlampe, daß sie gerade mit „normaler" Helligkeit leuchtet. Steht in der Schaltung z. B. 4,7 kΩ (ein Standardwert), so schaltet man diesem Widerstand zunächst noch einmal 4 bis 6 kΩ vor, die man dann durch 2 bis 3 kΩ ersetzt, bis der gewünschte Zustand erreicht ist. Die Werte werden addiert, und der in der handelsüblichen Reihe am nächsten liegende Wert (± 10% Rechenwert) wird eingesetzt.

3. Verstärker – Schaltungen und Aufbau

Aus den in Tabelle 1 angegebenen Werten geht hervor, daß die meisten Aufnahmeorgane einen Verstärker benötigen. Unter 2.2. sind die beiden vom Anwendungsfall abhängigen Varianten bereits kurz beschrieben, soweit es sich um den Gleichstromverstärker handelte. Der Trigger läßt sich dabei noch mit einer Vorstufe betreiben, die aber nicht immer notwendig ist.

3.1. Schaltungsstandardisierung

Es wäre nun möglich, für jede der nachfolgend beschriebenen Anwendungen sowohl ganz spezielle Schaltungen als auch individuell gestaltete konstruktive Lösungen zu bieten. Abgesehen von Platzgründen, die dies in unserem Fall verbieten, legt auch die in der modernen Technik immer notwendiger werdende Standardisierung einen anderen Weg nahe. Durch die den Funktionen entsprechende Aufteilung der Anwendungen in Aufnahme, Aufbereitung und Ausgabe ist nicht nur eine bessere Übersicht möglich, sondern bieten sich auch vielseitige Kombinationsmöglichkeiten bzw. Experimentiervarianten. Gerade dabei wird man dann oft selbst neue Anwendungsmöglichkeiten erkennen, eigene, dem speziellen Zweck angepaßte konstruktive Lösungen finden.

Sowohl Aufnahme- als auch Ausgabeteil müssen nicht immer in demselben Gehäuse wie der Verstärker untergebracht werden. Das ist im Gegenteil recht selten der Fall. Es wurde daher für den Verstärkerteil eine Gehäusegröße gewählt, die beides erlaubt und dabei noch recht günstig liegt. Außerdem läßt sich dieses Gehäuse überall leicht beschaffen. Eine solche Hülle kann der bei Dauerbetrieb zweckmäßige Netzteil ebenfalls erhalten, so daß eine auch äußerlich recht ansprechende Geräteserie entsteht, die sich sowohl bei Demonstrationen im Unterricht als auch beim praktischen Einsatz gut bewährt. Der Aufbau des Verstärkerteils geschieht am einfachsten auf einer diesen Gehäusemaßen angepaßten Lochplatte – wenn nicht in Bausteintechnik gearbeitet wird.

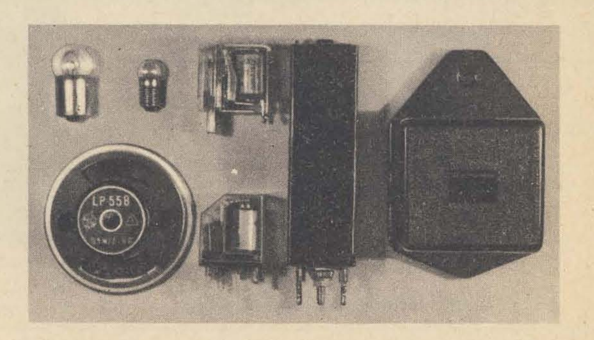


Bild 4
Ausgabeorgane

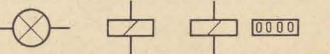
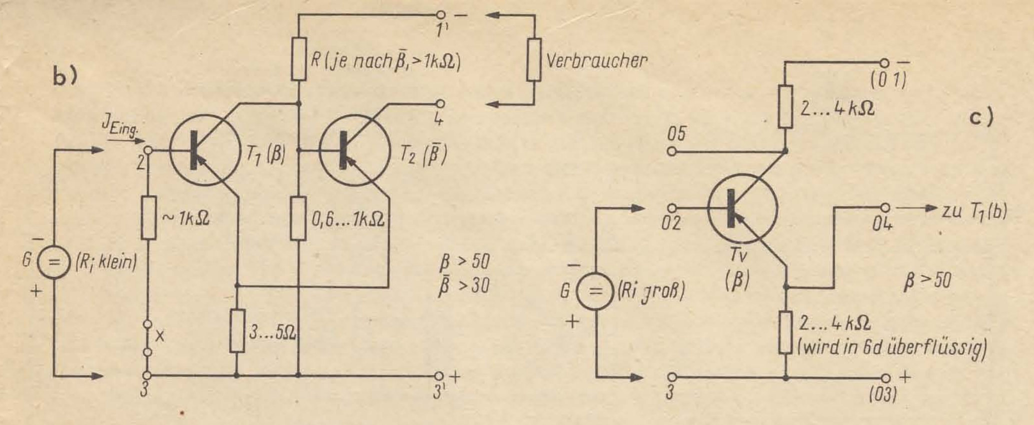


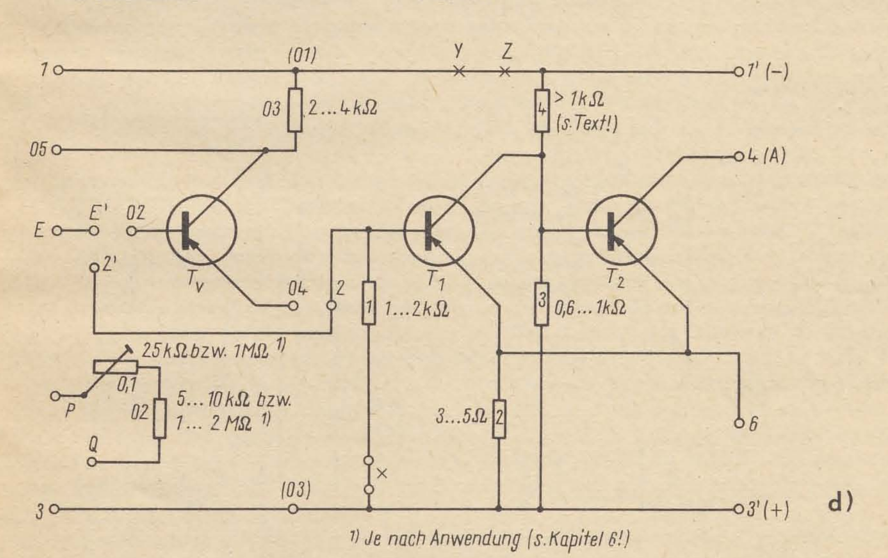
Bild 5
Schaltzeichen der Ausgabeorgane nach Bild 4: Lampe, Relais, Zählwerk, Summer (Lautsprecher siehe Bild 2b)



c – Vorstufe höheren Eingangswiderstandes

d – Die Kombination von b und c. Achtung! Die Bezeichnungen „01 . . ." wurden sowohl für Widerstände als auch, unabhängig davon, für Anschlußpunkte benutzt! Die Punkte „yz" gelten bei Speisung aus Netzteil: Auftrennen, y an –4,2 V, z an –7 V (gilt sinngemäß für alle folgenden Schaltungen)

e – wahlweise zwei- oder dreistufiger Tonfrequenzverstärker



1) Je nach Anwendung (s. Kapitel 6!)

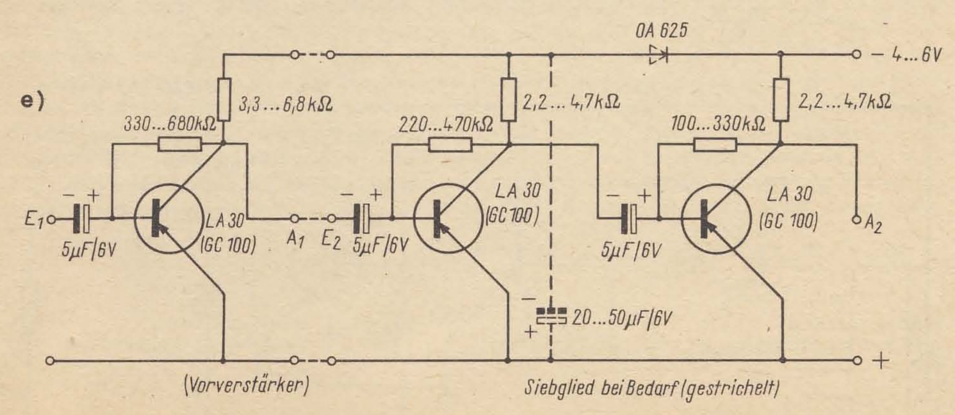


Bild 7
Hilfsmittel für die Ermittlung der notwendigen Eingangsspannung bei Gleichstromverstärker und Schwellwertschalter:
a – Schaltung, b – Ausführung

(Potentiometer hinter Platte mit Skala befestigt)

$U_{E\,max} = 2V \cdot \frac{100}{100+300} = \frac{2V}{4} = 0{,}5V$

Bild 10
Einsatz steckbarer Baugruppen:
a – KUV 1 statt Aufbau nach Bild 6c
b – 2GV 1 – 1 statt Aufbau nach Bild 6a oder b
c – KUV 1 und 2NV 1 statt Aufbau nach Bild 6e

Bild 8
Mehrzweck-Lochplatte für Gleichstromverstärker und Schwellwertschalter

Anschlüsse (a)

KUV 1	Bild 6c
1	05
3	02
5	01
7	3 (03)
8	04

Anschlüsse (b)

2GV 1	Bild 6a	Bild 6b
1	2	2
5	6	–
7	1'	1'
9	4	4
10	–	3
x	offen	mit 10 bzw. 3 verbunden

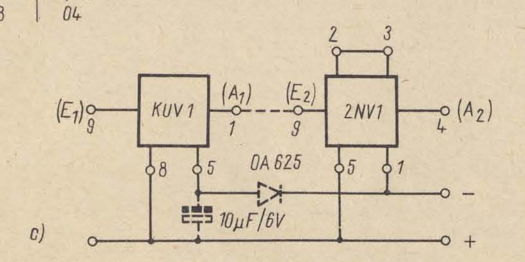


Bild 11
Gehäuse des Grundaufbaus (250-cm³-Frischhaltedose):
a – Grundplatte,
b – Eingangsseite,
c – Ausgangsseite,
d – Draufsicht;
Bestückung mit Telefonbuchsen und Bauelementen je nach Schaltung

(107,5)

Bild 9
Grundverdrahtung der Lochplatte nach Bild 8
(die Ergänzungen für die konkreten Fälle entnimmt man den einzelnen Schaltungen)
a – Bauelementeseite,
b – Verdrahtungsseite

• = 1 mm Ø
◉ = 1,3 mm Ø
Ⓞ = Gewinde M3 (2,4 Ø vorbohren) oder 3 Ø

Hartpapier 1 mm dick

LA 30 von unten — LA 100 von unten

a) BE-Seite — b) Leiter-Seite

Bei der Analyse der genannten Schaltungen zeigte sich, daß ein einziges Lochmuster ausreicht, ja, daß sogar der größte Teil der Bauelemente identisch sein kann. Es bereitet nur geringe Mehrarbeit und unbedeutenden Materialeinsatz, wenn grundsätzlich die erwähnte Vorstufe immer mit auf der Lochplatte vorgesehen und erst im Bedarfsfall durch den preisintensiveren Transistor ergänzt wird.

Bild 6 faßt die im Bauplan verwendeten verschiedenen Grundschaltungen zusammen.

3.2. Gleichstromverstärker

Man erkennt unter 6a einen zweistufigen Gleichstromverstärker. Im Verbraucher Ra fließt Strom, solange in den Eingang (2) kein Strom negativer Polarität („Minus an Eingang") eingespeist wird. Der Widerstand R hängt vom Stromverstärkungsfaktor des Transistors ab. Er wird, von großen Werten beginnend, so lange verkleinert, bis der Verbraucher gerade den gewünschten Effekt zeigt. Die im Bauplan verwendeten Verbraucher benötigen alle einen Strom in der Größenordnung von 40 bis 60 mA (wesentlich mehr kann den angegebenen Endtransistoren nicht zugemutet werden). Für 6 V Betriebsspannung bedeutet das einen Wert von R, der bei etwa $0{,}1 \cdot \overline{B}$ liegt. $\overline{B}$ ist die „Großsignal"-Stromverstärkung (für den genannten Zweck am besten bei 60 mA Kollektorstrom messen). R ergibt sich in Kiloohm. Man beginnt also, wenn $\overline{B}$ unbekannt ist, mit etwa 20 kΩ und erreicht für kleine $\overline{B}$-Werte etwa 1 kΩ. Das gilt aber nur, wenn der gestrichelt angedeutete Widerstand fehlt. In den Schaltungen, die ihn vorsehen, wird R kleiner als $0{,}1 \cdot \overline{B}$.

Speist man jetzt in den ersten Transistor einen negativen Strom ein, so öffnet dieser Transistor und entzieht dadurch dem Endtransistor einen Teil des über R ankommenden Stromes. Dadurch

sinkt auch der Kollektorstrom, und bei einem bestimmten Wert (der übrigens – eine Eigenart von Relais – unter dem Anzugswert liegt) fällt das Relais ab. Dennoch kann noch ein erheblicher Strom fließen, während gleichzeitig am „halb geschlossenen" Transistor eine größere Spannung als vorher abfällt; d. h., es entsteht eine größere Verlustleistung im Endtransistor. Wegen der damit verbundenen Gefahr für den Transistor bemüht man sich, diesen Zustand nur kurz zu durchlaufen. Der Eingangsstrom in den ersten Transistor muß daher noch wesentlich größer werden. Den notwendigen Mindestwert kann man ohne Milliamperemeter nur grob ermitteln. Es ist z. B. möglich, mit einem Lämpchen im Ausgangskreis, das bei 6 V oder weniger möglichst wenig Strom zum Leuchten braucht (z. B. 6 V/0,05 A oder 3,8 V/0,07 A), bei abgedunkeltem Zimmer den Eingangsstrom so lange zu erhöhen, bis auch das letzte Glimmen verschwunden ist. Selbst dann fließt jedoch noch rund $1/3$ des Lampen-Nennstroms. Eicht man den Verstärker jedoch entsprechend Bild 7, so läßt sich leicht extrapolieren (d. h. über diesen Punkt des Verlöschens hinaus abschätzen), bei welcher Einstellung etwa der Endtransistor „gut" gesperrt ist (dann sollen möglichst nicht mehr als 3 mA fließen, abhängig von R).

3.3. Trigger

Beim Trigger nach Bild 6b ist die Sache einfacher. An Lampe und Relais erkennt man gleichermaßen den Umschlagpunkt. Unterhalb dieses Punktes fließt tatsächlich im Endtransistor nur noch ein sehr geringer Strom, während kurz vorher noch nahezu der volle (von R bestimmte) Strom floß.
In Bild 6a wurde noch ein zweiter Widerstand angedeutet, der von der Basis nach Plus liegt. Kollektor des ersten und damit Basis des zweiten Transistors erhalten dadurch ihren Strom von einem Spannungsteiler, wodurch R selbstverständlich kleiner als oben angegeben gewählt werden muß. Diese Art hat besonders beim Trigger einige Vorteile, deren Erläuterung hier aber nicht möglich ist. Im obenbeschriebenen Gleichstromverstärker wird in diesem Fall die Abschätzung des Eingangsstrombedarfs schwieriger, da der erste Transistor parallel zu dem angedeuteten Widerstand liegt.
Der in der Triggerschaltung nach Bild 6b von der Basis des ersten Transistors nach Plus liegende Widerstand kann – abhängig von der Anwendung – auch außerhalb des Gerätes selbst liegen. Der beiden Emittern gemeinsame Widerstand schließlich ist das wesentlichste Kennzeichen dieses Triggers. Über ihn erfolgt eine Rückwirkung des Ausgangsstroms auf den Eingang, die das schlagartige Umschalten bewirkt, wenn das Eingangssignal (in diesem Fall betrachtet man besser die Eingangsspannung) einen bestimmten, von den Schaltungsdaten abhängigen unteren Grenzwert erreicht hat.
Während der Gleichstromverstärker nach Bild 6a ausgangsseitig gesperrt ist, wenn ein genügend großer negativer Eingangsstrom fließt, und in dem Maße öffnet, in dem dieser Strom sich verringert, bleibt der Trigger ausgangsseitig so lange gesperrt, bis eine vom Eingang gegen Plus liegende negative Spannung (die natürlich einen entsprechenden Strom erzeugt) einen bestimmten Schwellwert unterschreitet. Dieser liegt hier in der Größenordnung von $\lesssim$ 300 mV. Oberhalb des Schwellwerts ist der erste Transistor weit geöffnet. Der zweite Transistor hat dadurch eine so geringe Basis-Emitterspannung, daß in seinem Kollektorkreis kein nennenswerter Strom fließt. Erreicht man den Schwellwert, so beginnt zunächst der Kollektorstrom des ersten Transistors zu sinken. Dadurch erhält der zweite eine etwas größere Basis-Emitterspannung, und sein Kollektorstrom steigt. Das ergibt jetzt über dem gemeinsamen Emitterwiderstand einen größeren Spannungsabfall, der die wirksame Basis-Emitterspannung des ersten Transistors weiter verringert. Sein Kollektorstrom geht dadurch noch mehr zurück, ohne daß sich während dieser (allerdings sehr kurzen) Zeit die Eingangsspannung geändert hat. Auf diese Weise wird unterhalb des genannten Schwellwerts der erste Transistor durch den „lawinenartig" wachsenden Kollektorstrom des zweiten völlig gesperrt – bis eben auf den temperaturabhängigen Reststrom.
Der beschriebene Trigger unterscheidet sich von den im allgemeinen üblichen durch seine Widerstandswerte und durch das Fehlen eines weiteren Widerstands zwischen Kollektor 1 und Basis 2. Beides ist dadurch bedingt, daß mit diesem Trigger unmittelbar niederohmige Objekte betätigt werden sollen.
Ein- und Ausschaltschwellwert sind nicht identisch. Auf optimale Dimensionierung wirken

sich sowohl die Widerstandswerte als auch die Transistordaten aus. Hohe Stromverstärkungen (möglichst über 50) und kleine Restströme (für die erste Stufe möglichst weit unter 100 µA) erlauben hohe Werte von R (Schaltung empfindlicher) und kleinen Emitterwiderstand (Differenz der Schwellwerte klein). Wird der Widerstand zwischen Basis und Plus (der auch im vorhergehenden Schaltungsteil enthalten sein kann) zu groß, so erfolgt kein schlagartiges Umschalten mehr. Der Trigger nähert sich dann dem obenbeschriebenen einfachen Gleichstromverstärker. Das gleiche geschieht, wenn der Emitterwiderstand zu klein wird. Man erkennt das an der nur langsam ihre Helligkeit ändernden Lampe im Kollektorkreis des zweiten Transistors, wenn die Eingangsspannung allmählich geändert wird. Zu diesem Test kann man z. B. den lichtempfindlichen Geber immer mehr abschatten.
Der für einwandfreies Arbeiten notwendige niederohmige Eingang ist auch bei hochohmigen Signalquellen möglich (z. B. bei Fotowiderständen bei kleinen Lichtintensitäten), wenn man dem Trigger eine Kollektorstufe vorschaltet. Dann genügen bereits sehr kleine Eingangsströme; allerdings steigt die erforderliche Schwellspannung leicht an.
Bild 6c zeigt die in einigen Anwendungen benutzte Vorstufe. Auch dabei sind hohe Stromverstärkung und niedriger Reststrom bestimmend für eine zuverlässige und empfindliche Schaltung. Wie bereits erwähnt, sieht man die Widerstände und Anschlüsse dieser Schaltung am besten gleich auf der Lochplatte mit vor. Bild 6d stellt die dem entsprechende Kombination von Bild 6b und 6c dar. Der erste Transistor braucht nur bei Bedarf eingesetzt zu werden. Die Schaltung nach Bild 6d ist so ausgelegt, daß sie auch den Gleichstromverstärker nach 6a enthält und auf der gleichen Lochplatte realisiert werden kann.

3.4. Lochplatte

Die Grundverdrahtung dieser Mehrzweck-Lochplatte zeigt Bild 9, während die Herstellung der Platte selbst aus Bild 8 ersichtlich ist. Bei der Anordnung der Löcher wurde wieder – wie in Plan 1 und 2 – das Rastermaß für Leiterplatten zugrunde gelegt. Man erkennt in Bild 9 noch einen Einstellregler (siehe dazu die einzelnen Abschnitte weiter unten). Mit ihm kann der Ansprechwert der Schaltung den speziellen Verhältnissen angepaßt werden. Bei Bedarf legt man diese Anschlüsse an Telefonbuchsen im Gehäuse und hat mit einem über Leitung angeschlossenen Potentiometer die Möglichkeit der Fernbedienung. Auf der Lochplatte wird die für gedruckte Schaltungen übliche Ausführung – Form „S" – benutzt. Nur für diese Anschlüsse sind Bohrungen von 1,3 mm Durchmesser notwendig; für die anderen genügt 1 mm.

3.5. Einsatz von Baugruppen

Bild 6e schließlich bringt noch einen beim Akustikschalter einsetzbaren NF-Verstärker, für den infolge der Kondensatorkopplung auch Transistoren mit höherem Reststrom geeignet sind. Je nach erforderlicher Empfindlichkeit (die sich nach dem Schallempfänger richtet) wird mit den letzten beiden oder mit allen drei Stufen gearbeitet. Der Aufbau kann in gleicher Weise wie beim Gleichstromverstärker auf einer Lochplatte erfolgen. Auf eine Beschreibung dieser Ausführung wurde bewußt verzichtet, um die Eigeninitiative zu fördern. Erläuterungen zur Funktion eines solchen NF-Verstärkers enthalten die beiden ersten Baupläne. Übrigens lassen sich die bereits in diesen Plänen empfohlenen Baugruppen 2NV 1 und KUV 1 hier einsetzen, solange ihre Anwendung erforderlich ist, da diese Baugruppen steckbar sind. Das beweist erneut ihre Wirtschaftlichkeit. Bild 10c zeigt die mit Baugruppen realisierte und Bild 6e gleichwertige Schaltung. Bild 10a und 10b schließlich lassen erkennen, daß man den steckbaren Kleinsignal-Universalverstärker KUV 1 auch als Kollektorstufe vor dem Trigger einsetzen kann und daß der zweistufige Gleichstromverstärker 2GV 1 sowohl nach Bild 6a als auch nach 6b (und natürlich auch nach 6d) wirksam werden kann.
Sowohl bei 6a als auch bei 10a läßt sich übrigens durch die Serienschaltung eines Einstellreglers von etwa 10 kΩ zum kleiner gewählten R (gegenüber vorher etwa 30 % weniger) ebenfalls in gewissen Grenzen eine Einstellung des Ansprechwerts erreichen. Diesen Regler kann man bei geringfügiger Schaltungsänderung auch räumlich dort anordnen, wo nach Bild 9 der Eingangsregler liegt.
Für den Einsatz des KUV 1 als Triggervorstufe empfiehlt es sich, den von Kollektor nach Basis

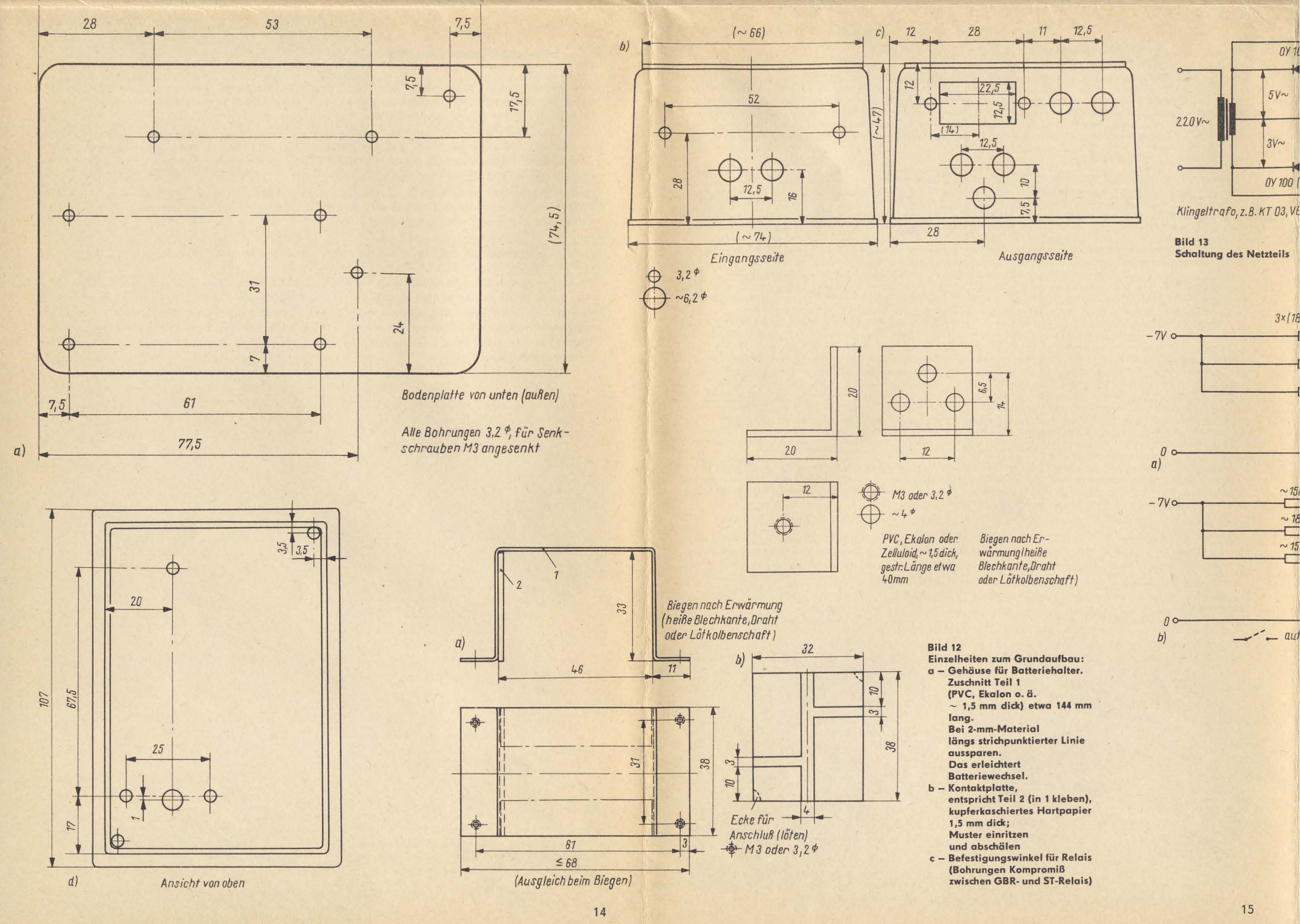
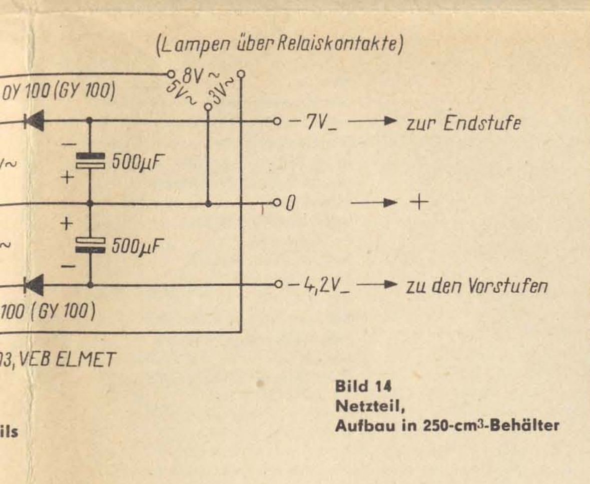


Bild 12
Einzelheiten zum Grundaufbau:
a – Gehäuse für Batteriehalter. Zuschnitt Teil 1 (PVC, Ekalon o. ä. ~ 1,5 mm dick) etwa 144 mm lang. Bei 2-mm-Material längs strichpunktierter Linie aussparen. Das erleichtert Batteriewechsel.
b – Kontaktplatte, entspricht Teil 2 (in 1 kleben), kupferkaschiertes Hartpapier 1,5 mm dick; Muster einritzen und abschälen
c – Befestigungswinkel für Relais (Bohrungen Kompromiß zwischen GBR- und ST-Relais)

Bild 13
Schaltung des Netzteils



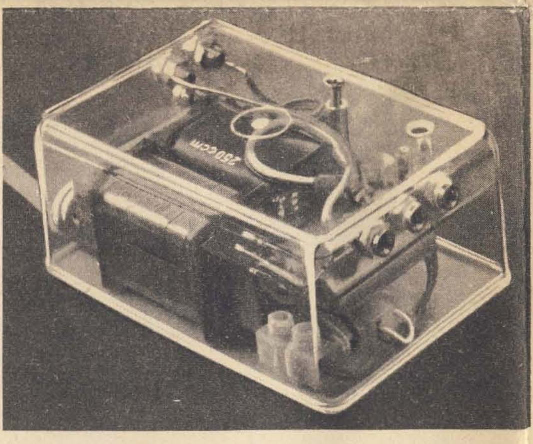


Bild 14
Netzteil,
Aufbau in 250-cm³-Behälter

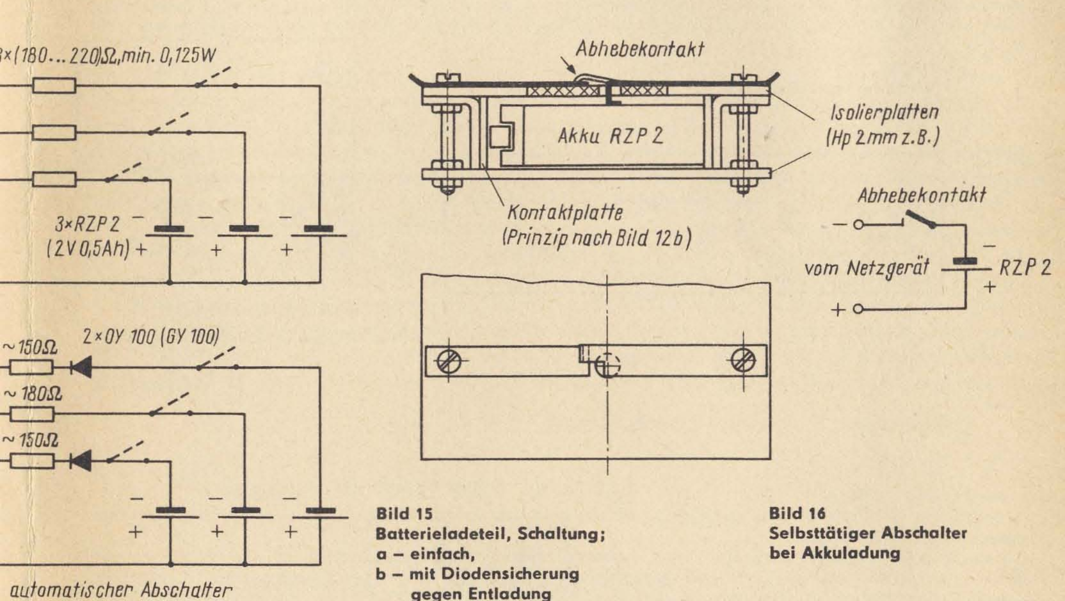


Bild 15
Batterieladeteil, Schaltung;
a – einfach,
b – mit Diodensicherung gegen Entladung

Bild 16
Selbsttätiger Abschalter bei Akkuladung

liegenden Widerstand (100 bis 600 kΩ) zu entfernen. Das kann auch im 2GV 1 mit dem an gleicher Stelle liegenden Widerstand geschehen. Man nutzt auf diese Weise den Regelbereich für die Empfindlichkeit besser aus. Bei Verwendung der genannten Baugruppen genügt eine Befestigung der mitgelieferten Federleisten über kleine Abstandsbolzen im Gerät. Zwischen den Federn erfolgt die Verdrahtung. Weitere Einzelheiten bringt anwendungsgebunden Kapitel 6.

3.6. Gehäuse

Als Gehäuse für die verschiedenen Anwendungen hat sich die kleinste der bekannten Kühlschrank-Frischhaltedosen (250 cm³) des VEB Formplast Sohland gut bewährt. Der farbige oder durchsichtige Deckel dient hier als Chassis und gleichzeitig als Geräteboden. Bei schweren Teilen (z. B. Trafo) entlaste man durch zwischengelegte Hartpapierplatte. Im Behälter selbst, der damit zur durchsichtigen Haube wird, bringt man je nach Anwendungsfall das Aufnahmeorgan oder die Eingangsbuchsen an, außerdem den Einschalter (Schiebeschalter Fa. Lanco) und ggf. Buchsen für Ausgabe und wahlweise anschließbare Außenstromquelle. Andernfalls werden in einem Träger und mit etwas kupferkaschiertem Hartpapier als Kontaktplatte 3 Kleinakkus RZP 2 auf dem „Deckelchassis" montiert. Die unsymmetrische Lage der Batterie gestattet daneben die Unterbringung eines Relais GBR 301 ... 303 (WBN Großbreitenbach) für 6 V oder des Äquivalenttyps ST 10 der Freiberger Werkstätten für Elektromechanik bzw. eines elektromechanischen Zählwerks des VEB Gerätewerk Leipzig.

Bild 11 und 12 geben „Standardlochungen" und mechanische Einzelheiten zu dem in ähnlicher Weise für alle Anwendungen geeigneten Aufbau wieder.

4. Stromversorgung

Relais, Lampen und Zählwerke benötigen Energie. Die vorgestellten Schaltungen arbeiten mit einer Betriebsspannung von 6 V. Es ergeben sich für die greifbaren Ausgabeteile Ströme um 50 mA und mehr. Das Mehr bezieht sich auf Fälle, wo Lampen als Lichtquellen und nicht nur als Informationsorgane gespeist werden sollen (Dämmerungsschalter!) oder wo eine Lichtschranke für den Lichtstrahl ebenfalls größere Energie benötigt. Während also der Verstärker bis zum Relais, zum Zählwerk oder zur Informationslampe mit etwa 50 mA auskommt, die außerdem nicht ständig fließen, wird der Betrieb der „Folgeorgane" aus kleinen Batterien problematisch. Doch auch bei 50 mA macht sich bei älteren Stromquellen der Innenwiderstand bereits in Funktionsstörungen bemerkbar. Man prüfe daher jeden einzelnen Akku vor Einsatz mit einem Lämpchen aus der Akkulampe (1,8 V/0,2 A). Schnell nachlassende Helligkeit oder schwaches Glimmen zeigt alten bzw. entladenen Akku an.

Die angegebenen 0,5 Amperestunden sind im Dauerbetrieb schnell erreicht (bei 50 mA in 10 Stunden!). In diesem Fall benötigt man also entweder einen ausreichend bemessenen größeren Sammler (z. B. Motorrad-Akku), eine Kastenbatterie von 6 V oder einen Satz Monozellen. Wo Netzbetrieb möglich ist, greift man jedoch am besten auf den bewährten und vor allem billigen Klingeltrafo zurück, für den es bereits Ausführungen zu 6,95 MDN gibt. Den zulässigen Lampenstrom gibt die Aufschrift an. Meist sind etwa 0,5 A zugelassen; für Lichtschranken, Notbeleuchtung u. ä. völlig ausreichend. Der Trafo kann dann auch den Betriebsstrom für den Verstärker liefern. Dazu ist ein kleiner, unkomplizierter Gleichrichterteil mit Glättung durch Elkos einzubauen. Man muß allerdings damit rechnen, daß langsame Netzspannungsschwankungen auf den Schaltpunkt Einfluß nehmen. Für höhere Ansprüche ist dann eine Stabilisierung mit Zenerdiode oder Regeltransistor vorzusehen, die aber entsprechend aufwendig und teuer ist. Doch bereits die plötzliche Belastung mit dem Relaisstrom (also etwa 50 mA) kann die Betriebsspannung des Triggers so weit verändern, daß dieser anspricht. Daher werden die Stromkreise von Vorverstärker (sofern vorhanden) und Triggereingang einerseits sowie von Triggerausgang (Relais- oder Lampenstrom!) andererseits getrennt über je einen Gleichrichter OY 100 (GY 100) der 3- bzw. der 5-V-Wicklung entnommen und über je 500 µF geglättet. Außerdem können die Wicklungen direkt an Buchsen geführt werden.

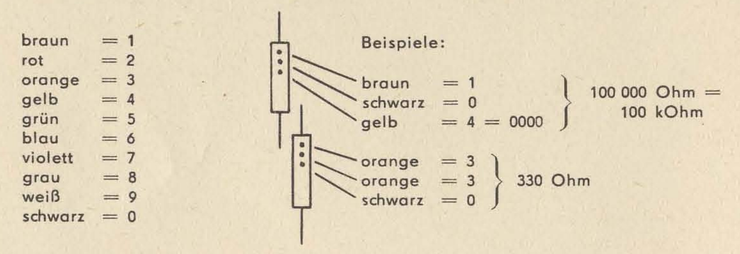
Bild 13 zeigt die Schaltung des Netzteils, den man ebenfalls in einem 250-cm³-Behälter unterbringen kann (Bild 14). Lampen, die nicht unmittelbar im Transistorkreis liegen, erhalten direkt Wechselspannung. Mit diesem Netzteil können auch entladene Akkus RZP 2 nachgeladen werden, wenn sie nicht bereits zu lange entladen lagerten. Durch relativ große Vorwiderstände wird ein kleiner Strom erzwungen, der die Gefahr der „Bauchbildung" durch Gasentwicklung gering hält. Wenn die Prüflampe (s. o.) nur noch schwach glimmt, darf der betreffende Akku etwa 20 Stunden geladen werden. Bei Blähungen schalte man jedoch früher ab. Dieser Vorgang läßt sich „automatisieren", indem der entstehende Bauch ein Stück Federblech abhebt, das in den Stromweg geschaltet wird. Die Akkus werden einzeln geladen, da ihr Zustand unterschiedlich sein kann, so daß sich Serienschaltung nicht empfiehlt. Über die drei getrennten Ladewiderstände kann dabei dennoch die gesamte Batterie gleichzeitig nachgeladen werden. Bild 15 zeigt die Schaltung und Bild 16 eine Möglichkeit für die Befestigung der Akkus während des Ladevorgangs.

5. Voraussetzungen für den Selbstbau

Diesem Kapitel war in den beiden ersten Bauplänen breiterer Raum gewidmet. Das ist hier leider nicht möglich. Es kann jedoch angenommen werden, daß der Leserkreis etwa der gleiche sein wird, daß also handwerkliche Grundkenntnisse inzwischen vorhanden sind.

Die Bearbeitung der empfohlenen Kunststoffbehälter wird nicht „auf Anhieb" zu sauberen Ergebnissen führen. Angesichts des niedrigen Preises (inzwischen trat auch noch eine Preissenkung in Kraft) kann aber etwas Üben zugemutet werden. Polystyrol ist kratz- und druckempfindlich. Man sollte daher weder mit der Feile ausrutschen noch beim Bohren zu stark aufdrücken oder Schrauben ohne Pappzwischenlage zu fest anziehen. Es ist ratsam, mit festen Gegenlagern zu arbeiten und kleine „Hebelarme" zu erreichen. Je weniger Geräusche bei der Bearbeitung auftreten, um so besser beherrscht man die Technologie. Während das Bohren von Löchern bis etwa 4 mm mit der Maschine dann kaum Schwierigkeiten bereitet, sind Senkungen und größere Durchbrüche besser von Hand anzubringen. Auch dabei wenig aufdrücken, sonst „verhakt" sich der Bohrer und reißt mehr Material weg, als man wünscht (ein scharfes Taschenmesser kann allerdings einiges wieder gutmachen). Nicht zu vergessen ist übrigens die Temperaturempfindlichkeit des Materials! Diesen „Nachteilen" stehen die Vorteile Zeitersparnis und niedriger Preis gegenüber. Außer der Geschicklichkeit bei der rein mechanischen Bearbeitung ist diese auch beim Löten erforderlich. Nach wie vor hat die Grundregel ihre Berechtigung, daß gut gesäuberte und danach in Kolophonium vorverzinnte Anschlüsse bereits die halbe Lötstelle sind. In Spiritus aufgelöstes Kolophonium erweist sich dabei als besonders wirksam. Es wird auch auf die zu verbindenden Stellen aufgebracht, bevor man lötet. „Wunder" wirkt das in manchen Bastlerläden in kleinen Flaschen erhältliche Lötflußmittel WFF der Fa. Otto, Magdeburg. Lötzinn mit Kolophoniumfüllung schließlich ist jederzeit käuflich zu erwerben. Neben etwas Schmirgelleinen und vielleicht noch einem Glashaarpinsel (Papiergeschäft) benötigt man als Anfänger einen Lötkolben kleinerer Leistung (etwa der 35-W-Kolben der Fa. Hauswirth, Erkner). Eine Flachzange und ein Seitenschneider vervollständigen die „elektromechanische" Ausrüstung, zu der sich eine Schlichtfeile, ein Messer, ein kleiner Schraubstock und einige Spiralbohrer (1; 1,3; 2; 2,4; 3; 4; 5; 6) gesellen sollten. Auch eine Laubsäge ist anzuraten. Die Handbohrmaschine kann bereits das billigste Modell mit offenem Getriebe sein. Sehr zweckmäßig ist schließlich ein Gewindebohrer M 3 (Maschinengewindebohrer), den man in einen kleinen Feilkloben einspannen kann. Mit diesem lassen sich auch Bohrer beim Entgraten und Senken halten.

Die in den ersten beiden Bauplänen dem Stoff entsprechende ausführliche Bauelementekunde ist nicht erforderlich. Die wichtigsten Bauelemente (Aufnahme- und Ausgabeorgane) wurden tabellarisch zusammengefaßt. Zum Transistor bietet die Amateurliteratur ausreichendes Material; Kapitel 3 bringt die hier interessierenden Einzelheiten. Übrig bleiben noch Widerstände und Kondensatoren (letztere als Koppelglieder für die Wechselspannung im Akustikschalter und als Siebmittel zum Kurzschluß von Wechselspannungsresten im Netzteil sowie zur Speicherung des Gleichstromes). Gemäß der begrenzten Aufgabe des Bauplans muß dazu auf die untenangeführte Literatur verwiesen werden. Einige Worte sollen dennoch zu den Widerständen gesagt werden. Aus Platzgründen wird von 1/20- oder 1/10-W-Typen Gebrauch gemacht (die Lochplatte erlaubt beides). Diese sind in der Hauptsache mit Farbpunkten gekennzeichnet. Nachfolgend nochmals der Farbcode:



Die heute gebräuchlichen „krumm" erscheinenden Werte haben Fertigungsgründe. Man kommt bei den Bauplanschaltungen aber durchweg auch mit den „benachbarten" Werten der alten Reihe aus. Statt 2,2 kΩ sind also auch 2 kΩ tragbar, statt 4,7 auch 5 kΩ.

6. Schalter- und Wächterserie ZERBERUS

Dieser Teil des Bauplans stellt die bisher behandelten einzelnen Teile (Aufnahmeorgane, Verstärker, Ausgabeorgane) elektronischer Schalt- und Überwachungseinrichtungen zu einigen praktischen Anwendungen zusammen. Diese lassen sich mit relativ einfachen Mitteln und im allgemeinen mit niedrigem finanziellem Aufwand bei etwas Einfühlungsvermögen wohl von jedem technisch interessierten Anfänger nachbauen. Eine große Übersicht über Möglichkeiten der Aufnahme, Aufbereitung und Ausgabe von Signalen gibt bereits Bild 1. Aus der Fülle der sich dort bietenden Lösungen sollen sechs verschiedene herausgegriffen werden, die außerdem noch Varianten zulassen.

6.1. ZERBERUS I – mechanisch betätigte Anlage in drei Varianten

Die einfachste Möglichkeit der Signalaufnahme besteht in der Betätigung eines Kontakts. Dabei ist der Phantasie des einzelnen freier Spielraum gegeben, sowohl was den Zweck, die Anbringung als auch die gewünschte Dauer der Information betrifft. Im Falle der Einbruchssicherung z. B. wünscht man Daueralarm bei einmaliger Auslösung. Von selbsthaltenden Relais abgesehen, kann das bereits beim Kontakt selbst vorgesehen werden, wenn ihn eine vorgespannte Feder auslöst („Mausefallenprinzip").

Im allgemeinen braucht man bei solchen Anlagen keine Verstärkung. Der Strom für das Ausgabeorgan fließt also voll über den Kontakt. An „klassischen" Ausgabeteilen stehen Klingel und Lampe zur Verfügung. Dies soll Variante 1 darstellen. Sie erfordert keine speziellen Aufbauten, sondern kommt mit Kontakt, Zuleitung, Stromquelle (Klingeltrafo) und Klingel bzw. Lampe aus, die man dort anordnet, wo man sie am besten hören bzw. sehen kann.

Variante 2 ist schon etwas eleganter. Die Erzeugung des Alarms geschieht mit elektronischen Mitteln; Ausgabeteil ist ein Lautsprecher. Auf die Darstellung dieses Aufbaus wird hier verzichtet; er entspricht dem der Nebenstelle von Bauplan 2. Das bedeutet, man kann eine solche einmal vorhandene Anlage auch als Alarmeinrichtung benutzen, wenn das vorübergehend notwendig wird und Anschaffung von Klingel und Trafo nicht lohnt. Die einzigen Veränderungen bestehen darin, daß in der Rückwand dem Einschalter parallel zwei Buchsen angebracht werden, von denen eine zweiadrige Leitung zum Kontakt führt, und daß man die normalerweise zur Hauptstelle führenden Buchsen mit einem Kurzschlußstecker überbrückt.

Variante 3 schließlich ist die einfachste Zähleinrichtung für Stückgüter, Personen u. ä. Sie besteht aus Kontakt, Leitung, Stromquelle (etwa 6 V) und Post-Gesprächszähler (in den betr. Fachgeschäften erhältlich). Jedesmal, wenn der geeignet angebrachte Kontakt durch einen Gegenstand vorübergehend betätigt wird, schaltet dieses Zählwerk einen Schritt weiter.

Bild 17 faßt die drei Varianten von ZERBERUS I zusammen. Anwendungen dürften sich vor allem im Betrieb und bei Ausstellungen ergeben.

6.2. ZERBERUS II – einfache Lichtschranke

Statt des Kontakts wird ein Lichtstrahl benutzt, bei dessen Unterbrechung ein zu ZERBERUS I analoger Vorgang erfolgt. Als Aufnahmeorgan kommen Selenelement oder Fotowiderstand in Frage; das Selenelement ist billiger (besonders wenn es aus einem alten Belichtungsmesser stammt), der Fotowiderstand bringt leichter größere Empfindlichkeit. Dies spielt aber bei Lichtschranken nicht immer die Hauptrolle. Da die Unterbrechung schlagartig erfolgt (Außenstreulicht kann durch Abschattung und eine einfache Lupe im Strahlengang unwirksam gemacht werden), genügt zur Verstärkung ein einfacher Gleichstromverstärker nach Bild 6a. Sein Ausgang liefert bei Unterbrechung des Strahles etwa 50 mA. Daher kann entweder ein Lämpchen 6 V/0,05 A zum Leuchten oder ein Zählwerk bzw. ein Relais zum Ansprechen gebracht werden. Über das Relais läßt sich natürlich auch eine Klingel betreiben. Die Grundanlage ZERBERUS II würde also beim Ausgang des Gleichstromverstärkers enden, der nach Bild 9 aufgebaut und nach Bild 18 in der Verdrahtung ergänzt bzw. geändert wird, wenn man ihn nicht ausschließlich für diesen speziellen Fall gesondert und ohne die übrigen Möglichkeiten von Bild 6 aufbaut (Tv ist ja hier nicht in Betrieb).

Je nach Anwendungsfall erhält das Gerät dann ein Zählwerk (an Lötösen und Schraubbolzen gekürzt, damit es in das Gehäuse paßt) oder ein Relais, dessen Kontakte an Buchsen gelegt werden (Bild 19). Wird eine Selbsthaltung gewünscht, so erfolgt diese über einen freien Relaiskontakt. Bei einmaliger Lichtstrahlenunterbrechung bleibt das Relais angezogen und liefert Daueralarm an die angeschlossene Klingel oder den Lautsprecher. Diese Ergänzung zeigt Bild 19b. Speziell für Daueralarm im Lautsprecher ist schließlich die Schaltung nach Bild 20 geeignet, die – der Abwechslung halber – mit der steckbaren Baugruppe 2GV 1 aufgebaut wurde. Sinngemäß ist natürlich auch die Schaltung nach Bild 6a einsetzbar. Bei vorübergehender Lichtunterbrechung schaltet das Relais vom Selenelement weg den Eingang an ein Rückkopplungsglied. Dadurch erregt sich der Gleichstromverstärker mit einer gut hörbaren Tonfrequenz, die über den parallel zur Relaiswicklung liegenden „Sternchen"-Übertrager K 21 an den Lautsprecher weitergegeben wird. Diesen schaltet man über Buchsen an, damit er nicht am „Tatort" ertönt – es sei denn, die Anlage soll einen Menschen davor warnen, sich einer Maschine o. ä. weiter zu nähern. Man kann in einem solchen Fall übrigens über einen zweiten Relaiskontakt auch noch eine Lampe zur Signalisierung schalten.

Bei Inbetriebnahme muß zuerst die Lichtquelle angeschaltet werden. Löschen des Alarms erreicht man durch kurzes Ausschalten des Geräts. Bild 21 skizziert einige Einzelheiten zu ZERBERUS II.

Die beschriebene Schaltung arbeitet nach dem „Arbeitsstromprinzip", wenn man den Ausgang betrachtet. Im umgekehrten Fall (wenn man die Relaiskontakte umgekehrt anschließt) läßt sich auch Alarm auslösen, wenn ein Eingangsstrom zu fließen beginnt. Auf diese Weise könnte z. B.

an einem entfernten Ort das Einschalten einer Beleuchtung signalisiert werden oder – bei genügender Helligkeit – der Ausbruch eines Brandes. Eine weitere Anwendung (wahlweise mit Klingel oder Lautsprecher als Ausgabeteil) bietet dieser ganze Aufbau schließlich noch, wenn man statt des Selenelements (das ja auch außen über Leitungen angeschlossen werden kann) über eine Hilfsbatterie zwei Kohleelektroden mit dem Eingang verbindet. Sobald diese in eine leitende Flüssigkeit (Wasser in der Badewanne) tauchen, fließt bei richtiger Polung ein Strom, der ebenfalls Alarm auslöst (Bild 22). Genaugenommen wird der Verstärker durch den Strom des Einstellreglers zunächst gesperrt, bis der Hilfsbatteriekreis eine Stromteilung bewirkt, die den Verstärker öffnen läßt.

6.3. ZERBERUS III – Dämmerungsautomatik

Diese Schaltung wird bei vielen Kraftfahrern auf Interesse stoßen, ist jedoch auch für andere Beleuchtungszwecke brauchbar, wo nicht mit 220 V, sondern mit ungefährlicher Niederspannung gearbeitet werden soll (bezüglich des Übergangs auf 220 V siehe 2.3.). Sie schaltet das Parklicht bei Einbruch der Dämmerung ein und bei genügender Außenhelligkeit auch automatisch wieder ab. Die Schaltung wurde hinsichtlich der Temperaturgefahren so ausgelegt, wie bereits unter 3. als „zuverlässigere" Variante angedeutet: Sie schaltet also vorsichtshalber das Licht an, wenn die Vorstufe durch Temperatureinwirkung ausfällt.

Damit die Schaltung sparsam arbeitet, muß sie relativ empfindlich sein und erst bei so geringer Helligkeit einsetzen, wie es unbedingt notwendig ist. Am Regler läßt sich dieser Wert in gewissen Grenzen einstellen. Die Schaltung arbeitet mit Vorstufe, nutzt also die Möglichkeiten nach Bild 9 voll aus (Bild 23). In der „Standard"-Ausführung befindet sich der Fotowiderstand im Behälter (Bild 24). Ausgabeteil ist ein Relais (GBR 301 o. ä. bzw. Stuhrmannrelais ST 10 für 6 V). Die Relaiskontakte lassen das Einschalten einer 5-W-Positionsleuchte zu; höhere Ströme als 1 A sollten ihnen nicht zugemutet werden.

Das schlagartige Einschalten dieser Triggerschaltung bei Unterschreitung einer bestimmten Außenhelligkeit läßt noch eine ganze Reihe anderer Anwendungen zu. Es hängt praktisch nur davon ab, wie man die gewünschte Information in einen ober- oder unterhalb der Triggerschwelle liegenden Lichtwert umwandelt, um die verschiedensten Überwachungseinrichtungen zu realisieren.

Je nachdem, ob der Alarm bei Über- oder Unterschreiten der Schwelle erfolgen soll, wählt man die Beschaltung der Relaiskontakte. Ist die Trigger-Endstufe im Dauerbetrieb überwiegend geöffnet, so muß man den Stromverbrauch von 50 mA berücksichtigen; man speist das Gerät genauso von außen wie im Falle der Dämmerungsautomatik im Kraftfahrzeug, wo es aus dem Autoakku mitversorgt wird. Zum universellen Einsatz empfiehlt sich dennoch, die übliche Innenbatterie vorzusehen. Es ist dann möglich, bei Schalter auf Aus–Stellung unmittelbar mit Außenbatterie zu arbeiten, ohne daß man die Innenbatterie entfernen muß.

Wie bereits gesagt, wurde die Schaltung hinsichtlich der Temperatur möglichst sicher ausgelegt. Tatsächlich ist sie also nach Inbetriebnahme (z. B. wenn man den Wagen verläßt) bereits Verbraucher eines Stromes von etwa 50 mA bei 6 V, solange noch Außenlicht einfällt. Bei Unterschreiten der eingestellten Helligkeitsschwelle schaltet also der Trigger in Wirklichkeit auf einen Verbrauch von weniger als 5 mA um, während die Beschaltung der Relaiskontakte dafür sorgt, daß das Parklicht leuchtet. Diese Anwendung „Ein-bei-Licht-ein" (auf den Triggerausgang bezogen) läßt sich noch für weitere Spezialitäten ausnutzen. Das zeigt u. a. ZERBERUS VI.

Bestehen keine Bedenken hinsichtlich der Temperatur, so empfiehlt sich wegen ihres bei Lichteinfall kleinen Strombedarfs die Schaltung „Ein-bei-Licht-aus" (Bild 25). Statt des Relais kann (bei kleinem Lichtbedarf) hier auch zum Beispiel ein Lämpchen 6 V/0,05 A unmittelbar in den Kollektorkreis gelegt werden.

Beide Schaltungen (Bild 23 und 25) unterscheiden sich im Prinzip also einfach dadurch, daß Fotowiderstand und Teilerwiderstand gegeneinander vertauscht sind, was gleichzeitig Einfluß auf den Wert des Teilwiderstands nimmt. Es kann daher nicht für beide Anwendungen der gleiche Einstellregler benutzt werden. Ist der angegebene Regler mit hohem Wert nicht greifbar, so setzt man einen mit niedrigerem Wert ein und versucht es mit verschieden großen Vorwiderständen. Ähnliches trifft auch auf den recht kleinen Emitterwiderstand im Trigger zu: Man geht da notfalls von größeren Werten aus und schaltet parallel. Die Lochplatte sieht zu diesem Zweck mehrere Lochpaare vor. Daß sich bei Serienschaltung die Werte addieren und bei Parallelschaltung ihre Kehrwerte, sollte bekannt sein; für zwei parallelgeschaltete Widerstände gilt daher

$$R = \frac{R1 \cdot R2}{R_1 + R_2}.$$

Ein Tip noch zur Erhöhung der Empfindlichkeit: Linsen empfehlen sich nur dann, wenn eine gleichmäßige Ausleuchtung des Raumes fehlt, das Licht also von einer feststehenden Punktquelle (Lampe, kleinem Fenster) ausgeht. Je größer die Linsenöffnung, um so besser der Effekt. Die richtige Entfernung zum Fotowiderstand ermittelt man am einfachsten durch Probieren. Optimale Ausleuchtung des Widerstands liegt vor, wenn die ganze Kamm- bzw. Spaltfläche aufgehellt wird. Streulicht läßt sich mit ganz normalem (keineswegs zu glattem!) weißem Papier noch etwas konzentrieren, wenn man dieses, leicht zylindrisch nach vorn gezogen, hinter dem Fotowiderstand anbringt.

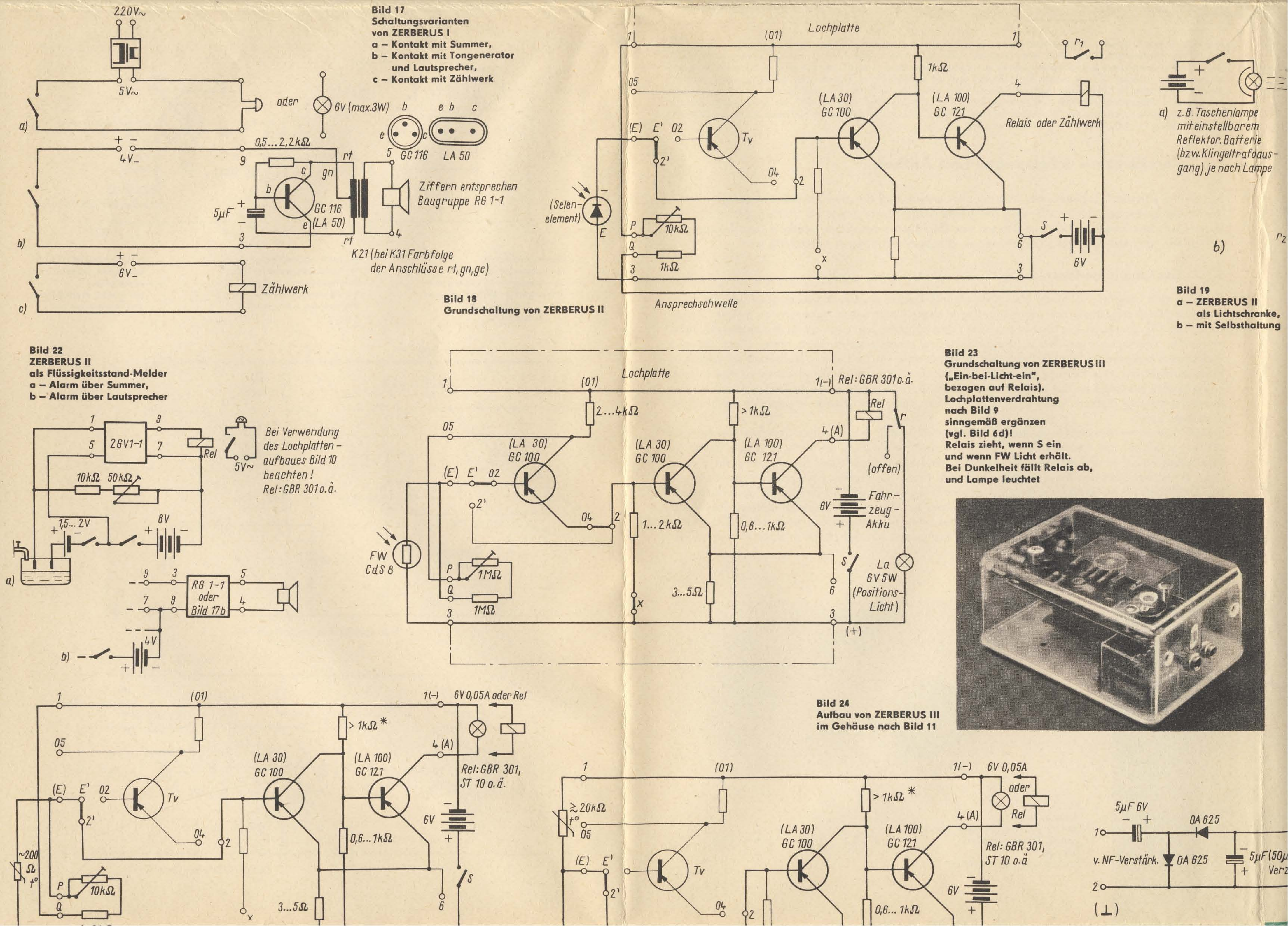


Bild 17
Schaltungsvarianten von ZERBERUS I
a – Kontakt mit Summer,
b – Kontakt mit Tongenerator und Lautsprecher,
c – Kontakt mit Zählwerk

Bild 18
Grundschaltung von ZERBERUS II

Bild 19
a – ZERBERUS II als Lichtschranke,
b – mit Selbsthaltung

Bild 22
ZERBERUS II als Flüssigkeitsstand-Melder
a – Alarm über Summer,
b – Alarm über Lautsprecher

Bild 23
Grundschaltung von ZERBERUS III („Ein-bei-Licht-ein", bezogen auf Relais). Lochplattenverdrahtung nach Bild 9 sinngemäß ergänzen (vgl. Bild 6d)! Relais zieht, wenn S ein und wenn FW Licht erhält. Bei Dunkelheit fällt Relais ab, und Lampe leuchtet

Bild 24
Aufbau von ZERBERUS III im Gehäuse nach Bild 11

Bild 20
Lichtschranke
mit eigener Warntonerzeugung
und Selbsthaltung
für Daueralarm

Bild 25
Schaltung von ZERBERUS III
für „Ein-bei-Licht-aus"
(auf Relais bezogen)

Bild 28
Gleichrichterteil für ZERBERUS V
(grüner Ring an Diode
entspricht dem senkrechten Strich
im Diodensymbol)

Bild 29
Prinzipschaltung von ZERBERUS V

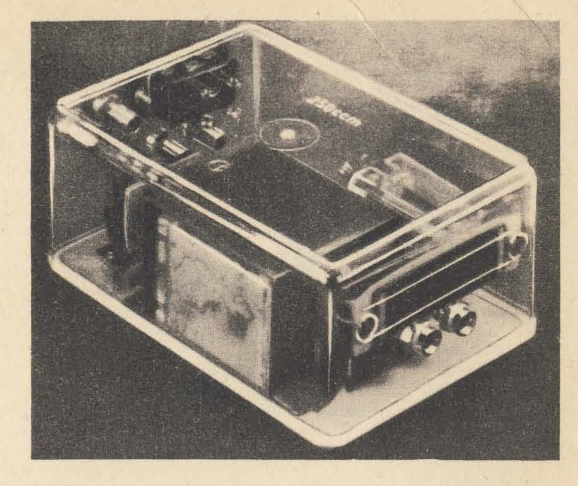


Bild 21
Aufbau von ZERBERUS II,
hier mit 2GV1–1, im Gehäuse
nach Bild 11

6.4. ZERBERUS IV – Temperaturwächter

Diese Einrichtung wurde bewußt einfach gehalten. Da der Spannungsteiler am Eingang des Triggers niederohmig sein kann, erübrigt sich eine Vorstufe. Leider ist die Ansprechschwelle des Triggers temperaturabhängig – sie sinkt bei höherer Temperatur. Es empfiehlt sich für genauere Forderungen daher, Heißleiter und Einrichtung räumlich voneinander zu trennen. Der Widerstand der Zuleitung darf selbstverständlich nicht in die Größenordnung des Meßwiderstands geraten; das gilt für alle hier beschriebenen Geräte.
Bei der Auslegung des Spannungsteilers ist darauf zu achten, daß der Heißleiterwiderstand in keinem Fall mehr als 1 mW durch Teilerstrom und Spannungsabfall erhält, da er sich sonst in seinem Wert erniedrigt, ohne daß steigende Außentemperatur die Ursache ist. Je nach verfügbarem Heißleiter oder nach gewünschter Anwendung (Ruhe- oder Arbeitsstromprinzip) benutzt man die Variante „Ein-bei-Wärme" (Bild 26) oder „Aus-bei-Wärme" (Bild 27). Die Definition bezieht sich auf den Triggerausgang. An diesen lassen sich wieder Anzeigelämpchen, Relais oder (wenn die Zahl von Temperaturüberschreitungen oder -unterschreitungen festgestellt werden soll) ein Zählwerk anschließen. Bei Verwendung in einer Temperaturregelschaltung ist zu berücksichtigen, daß mit dem Relais nicht mehr als 1 A geschaltet werden kann und daß mit einer gewissen Zeitkonstanten im Ablauf gerechnet werden muß, die Regelung also nicht trägheitslos erfolgt. Außerdem bedingt die Differenz von Triggereinschalt- und -ausschaltschwelle einen Schaltspielraum, der bei ungünstigen Triggerdaten (vgl. Kapitel 3!) mehrere Grad Celsius betragen kann. Dennoch wird bereits diese einfache Einrichtung als Grenzwertmelder o. ä. ein breites Einsatzgebiet finden.
Wird der Heißleiter als Fühler unmittelbar mit dem Meßobjekt in Berührung gebracht, so darf der ungeschützte Körper nicht durch Metallteile kurzgeschlossen werden. Statt der im Handel im allgemeinen unglasiert erhältlichen Heißleiter der TNM-Reihe (die die Form von 1/10-W-Widerständen haben) kann man in diesem Fall versuchen, glasierte zu erhalten. Übrigens muß die Betriebstemperatur unter 150 °C bleiben.

6.5. ZERBERUS V – akustischer Wächter

Alle bereits bei ZERBERUS II bis IV benutzten Methoden der Alarmgabe können auch zur Anwendung kommen, wenn das auslösende Signal ein Geräusch ist. Die von Schallwandlern abgegebenen Ströme und Spannungen reichen jedoch nicht zur Betätigung des Triggers aus. Außerdem handelt es sich um impulsförmig auftretende oder periodisch die Polarität wechselnde Spannungen. Wechselspannungen aber müssen für den Betrieb des Schwellwertschalters zusätzlich zur notwendig werdenden Vorverstärkung gleichgerichtet werden. Den Gleichrichterteil (Bild 28) schaltet man zwischen Wechsel- und Gleichstromteil der Schaltung, deren Prinzip Bild 29 zeigt.

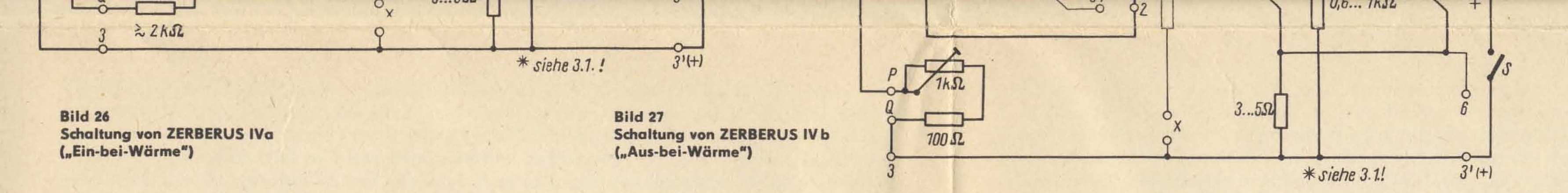


Bild 26
Schaltung von ZERBERUS IVa
(„Ein-bei-Wärme")

Bild 27
Schaltung von ZERBERUS IVb
(„Aus-bei-Wärme")

Dem Bestreben, mit möglichst wenig Neuanschaffungen auszukommen, trägt das „Mikrofon" Rechnung, für das der in anderen Einrichtungen bereits eingesetzte Kleinlautsprecher LP 558 oder 559 vorgeschlagen wird. Diesen, den Übertrager K 21 und den NF-Verstärker einschließlich Gleichrichterteil kann man in einem getrennten Kühlschrankbehälter unterbringen und sogar mit einer getrennten Batterie bestücken. Je nach verlangter Empfindlichkeit erfolgt die Verstärkung zwei- oder dreistufig. In Kapitel 3 wurden dafür bereits die steckbaren Baugruppen KUV 1 und 2NV 1 vorgeschlagen. Diese passen notfalls auch in das „Grundgerät" – nur der Lautsprecher nicht. Man kann jedoch statt dessen auch die Kapsel eines Kristall- oder dynamischen Mikrofons einsetzen und damit alles im Grundgerät unterbringen. Für das Kristallmikrofon entfällt der Übertrager. Die Fehlanpassung gleicht die große Verstärkung von 2NV 1 und KUV 1 aus.
Für den akustischen Wächter lassen sich zwei Einsatzfälle (abhängig von der Ausnutzung des Relais) unterscheiden: einmal Alarm bei Geräusch und zum anderen Alarm bei Ausfall eines zu überwachenden Geräusches (das z. B. von einer Maschine herrühren kann).
Die oben angeregte (und in Bild 29 schon angedeutete) Trennung in Lautsprecher und in über Leitung angeschlossenes Grundgerät mit eingebautem NF-Verstärker ist am besten so vorzunehmen, daß der Anpassungstrafo K 21 mit in das Gehäuse des Grundgeräts aufgenommen wird. Dadurch ergibt sich ein guter Störabstand gegenüber Einstreuungen auf der Leitung.
Soll in Sonderfällen ohne Relais gearbeitet werden, so daß eine Anzeige nur für die Dauer der Geräuschamplituden erfolgt, die oberhalb der Ansprechschwelle liegen, so kann man durch entsprechende Polung des Gleichrichterteils den gewünschten Effekt erreichen. Die Elkos werden nicht umgepolt. Meist wird man die Information mit einem Lämpchen im Kollektorkreis ausgeben. Dieses leuchtet dann entweder immer nur kurz auf, oder es verlöscht vorübergehend (Bild 30). Der Trigger muß am Einstellregler ohne Signal so eingestellt werden, daß er entweder gerade „gesperrt" oder „geöffnet" ist.
Die Verwendung eines Relais läßt aber auf einfache Weise (vgl. Bild 20) Daueralarm durch Selbsthaltung zu. Löschung erfolgt durch kurze Unterbrechung des Stromkreises.
Für alle, die nach Bauplan 2 eine Wechselsprechanlage aufgebaut haben, noch ein Hinweis zur Verwendung der Hauptstelle als NF-Teil: Die Hauptstelle wird in dem zu überwachenden Raum untergebracht und auf „Sprechen" geschaltet. Für Dauerbetrieb empfiehlt sich dabei statt der Eigenbatterie der obenbeschriebene Netzteil. Am Ende der abgehenden zweiadrigen Leitung werden Gleichrichterteil und Trigger angeschlossen (beide untergebracht im Grundaufbau).

6.6. ZERBERUS VI – drahtlose Lichtschalter

In Kellern, Garagen und anderen Räumlichkeiten, wo das Verlegen einer 220-V-Lichtleitung nicht möglich ist, oder in Fällen, die ein Einschalten der Beleuchtung von Hand erschweren, können „drahtlos" betätigte Lichtschalter recht nützlich sein. Sieht man von Fernsteuerung durch HF-Sender oder Induktionsschleifen ab, so bleiben Licht und Schall als Information für die Anlage. Einschalten durch Licht kommt nur für Räume in Frage, zu denen Tageslicht keinen Zutritt hat – andernfalls würde das Licht tagsüber eingeschaltet sein. Sinnvoll ist diese Schaltungsart z. B. zur Schonung der Taschenlampe, mit der nur kurz „eingeschaltet" werden muß, oder in fensterlosen Garagen, wo das einfahrende Fahrzeug mit seinen Scheinwerfern die Beleuchtung in Gang setzt, bevor die Scheinwerfer verlöschen. Schalten durch Schall dagegen ist dort nicht sinnvoll, wo ein größerer Geräuschpegel herrscht (der Fortgeschrittene wird allerdings dann mit Hilfe von Tonresonanzkreisen einiges tun können). Mit etwas Probieren gelingt es aber in den meisten Fällen, die Anlage für zufällige Geräusche unempfindlich genug zu halten und mit einem kräftigen Pfiff „mittlerer Tonlage" den gewünschten Effekt zu erzielen.

6.6.1. Licht- und Schall-Einschalter

Bild 31 und 32 skizzieren beide Schalterarten; sie entsprechen im wesentlichen den bereits weiter oben gezeigten schall- und lichtempfindlichen Anwendungen. Bei Bild 32 fällt allerdings auf, daß das Relais fehlt (man kann selbstverständlich auch mit einem solchen arbeiten und dadurch erreichen, daß Lampen mit größerem Betriebsstrom angeschaltet werden können (bis etwa 1 A bei Verwendung der genannten Relaistypen). Die Selbsthaltung in der relaislosen Schaltung nimmt das Licht vor. Zu diesem Zweck werden einfach Lampe und Fotowiderstand nahe beieinander angeordnet oder auch über eine optische Einrichtung (Spiegel, Linsen) miteinander gekoppelt. Wird der Fotowiderstand auch nur kurz vom „Lichtschaltimpuls" getroffen, so daß die Lampe leuchtet (also Schaltungsart „Ein–bei–Licht–ein"), so sorgt anschließend die Lampe selbst für Dauerbetrieb.

6.6.2. Wechselschalter mit Schallauslösung

Problematisch ist in beiden Geräten das Ausschalten. Entweder behilft man sich mit einem an geeigneter Stelle des Raumes angebrachten Druckknopf, mit dem der Stromkreis kurz unterbrochen wird, oder der Aufwand steigt. Dies führt zum „drahtlosen Wechselschalter". Zu diesem Zweck werden zwei dieser Schaltgeräte geeignet kombiniert, so daß das eine das Ein- und das andere das Ausschalten übernimmt. Wenig Sorge macht dabei die Kombination von Licht und Schall unter Verwendung der beiden beschriebenen Anlagen. Mit Licht wird ein- und mit Pfiff ausgeschaltet. Will man dagegen beide Male mit dem gleichen Signal schalten, so zeigt sich bereits, daß Licht ausscheidet; denn ein Lichtsignal in einem hellen Raum ist wirkungslos. Geschieht allerdings die Selbsthaltung über Relais und ist dann der Fotowiderstand an einem abgeschatteten Ort untergebracht, so wäre auch dies denkbar. Eleganter, weil sie ohne Hilfsmittel auskommt, ist aber die Betätigung durch Schall, also am besten durch Pfiff. Die vorgestellte Lösung ist nur eine von mehreren möglichen. Sie wurde danach ausgewählt, daß sich die bereits bekannten Schaltungen mit möglichst wenig Änderungen einsetzen lassen. Verwendung finden, wie aus Bild 33 ersichtlich, zwei Trigger ohne Vorstufe. Bild 34 präzisiert den Vorschlag dahingehend, daß in dem einen Fall der auf Lochplatte aufgebaute und im zweiten der aus dem steckbaren 2GV 1 gewonnene Trigger eingesetzt wird. Beide lassen sich dann gemeinsam im Gehäuse des Grundaufbaus unterbringen (Bild 35). Der NF-Teil mit Lautsprecher könnte in einem zweiten, gleich großen Gehäuse Platz finden. Bei vorübergehendem Einsatz bis zu 5 Stunden Dauer kommt man mit der Batterie des Grundaufbaus aus. In diesem Fall kann auch der NF-Teil mit aus ihr gespeist werden. Beide Anlageteile passen zusammen in den nächstgrößeren Kühlschrankeinsatz (750 cm³), der also für beide Kleingeräte vorübergehend „Muttergehäuse" sein kann. Für Dauerbetrieb empfiehlt sich jedoch Speisung aus größerem Akku oder Netzteil.
Eine noch „sparsamere" Aufbaumöglichkeit zeigt Bild 35. Mit etwas Geschick paßt auch der NF-Teil noch in den Grundaufbau, wenn dafür der steckbare 2NV 1 und bei der empfindlicheren Variante zusätzlich der KUV 1 benutzt werden. Gelingt schließlich noch die Beschaffung einer kleinen Mikrofonkapsel statt des Lautsprechers (der sonst über Leitung angeschlossen werden müßte), so kann diese außen am Gehäuse befestigt werden. Im Beispiel wurde eine Kleinhörerkapsel KN 04 sogar noch innen angebracht.
Zur Funktion (vgl. Bild 33): NF-Teil und Trigger 1 bilden den Bereitschaftsteil. Trigger 1 ist ausgangsseitig geöffnet, das Relais also gezogen. Diesen Zustand zeigt Bild 33. Trigger 2, der direkt am Relais liegt, ist so eingestellt, daß er gerade (auch bei ungünstigster Temperatur) noch sperrt. Das geschieht an dem zwischen Eingang und Minus liegenden Einstellregler (Bild 34). Sein NF-Eingang ist durch das gezogene Relais vom NF-Verstärker getrennt. Ertönt jetzt ein

kurzer Pfiff, so wird dieser vom Mikrofon (Lautsprecher) in Wechselspannung verwandelt, verstärkt und gleichgerichtet. Reichen Lautstärke (abhängig von der Empfindlichkeit des Triggers und des Verstärkers) und Länge (wegen der Kondensator-Ladezeit) des Pfiffes aus, den Eingang von Trigger 1 über die Sperrspannungsschwelle zu „schieben", so fällt das Relais ab. Es trennt dabei gleichzeitig den Triggereingang vom NF-Verstärker und den Triggerausgang vom Relais. Jetzt liegt nur noch Trigger 2 am Relais, dessen Eingang durch das abgefallene Relais aber nun über seinen (gegenüber Trigger 1 umgekehrt gepolten) Gleichrichterteil mit dem NF-Verstärker verbunden ist. Ein neuer Pfiff entlädt nun bei genügender Lautstärke und Länge den am Eingang von Trigger 2 liegenden Kondensator so weit, daß die Sperrspannungsschwelle unterschritten wird. Der Trigger öffnet und läßt das Relais wieder anziehen. Das geschieht infolge des ihm parallelliegenden Kondensators einen kurzen Augenblick später. Der kurze Pfiff ist infolge dieser „Zeitkonstante", verursacht durch die Lade- bzw. Entladevorgänge der beiden großen Kondensatoren, schon verklungen, bevor das Relais durch den Anzug den Eingang von Trigger 1 wieder schallempfindlich gemacht hat. Trigger 1 wird also im geöffneten Zustand an das Relais gelegt und übernimmt so vom inzwischen wieder geschlossenen Trigger 2 das Halten des Relais. Ein zu langer Pfiff würde Trigger 1 mit seinen „Ausläufern" allerdings sofort wieder sperren. Nach etwas Übung bezüglich der unbedingt notwendigen Pfifflänge gelingt bald ein sauberes Schalten.

Da Trigger 2 immer am Relais liegt, ist im abgefallenen Zustand ein Kontakt frei, an den man den Stromkreis für die Lampe oder – bei Übergang auf 220 V – die Wicklung des Netzrelais legt. Die beiden Stromkreise dürfen allerdings an keinem zweiten Punkt zusammenliegen; Speisung auch des Geräts aus der „Lichtbatterie" ist also nicht möglich. Das würde erst ein weiterer Relaiskontakt erlauben (GBR 302 statt 301 oder 303).

In den beiden Triggerschaltungen fallen die Einstellregler auf. Die Funktion des einen (bei Trigger 2) wurde bereits erklärt. Er ist so einzustellen, daß er auch bei ungünstigster Temperatur den Trigger gerade sperrt. Das kann man bei angeschlossenem Gleichrichterteil, aber abgeschaltetem NF-Teil mit einem in den Kollektorkreis nach Minus geschalteten Lämpchen 6 V/0,05 A überprüfen; es muß gerade verlöschen.

Der Regler bei Trigger 1 dient genau dem Gegenteil. Er soll den Eingang kurz unterhalb der Sperrspannungsschwelle halten, damit eine relativ geringe Belastung des Gleichrichterteils entsteht und die Schaltung empfindlicher wird. Auch hier prüft man bei angeschlossenem Gleichrichterteil und abgeklemmtem NF-Verstärker mit einem Lämpchen. Dieses darf gerade noch nicht verlöschen. Zur Sicherheit geht man von diesem Wert dann wieder etwas zurück; das Lämpchen muß weiterleuchten.

Bei Einschalten der Anlage legt sich diese übrigens automatisch in den Bereitschaftszustand, denn in diesem Augenblick ist Trigger 2 noch geöffnet, das Relais zieht an, Trigger 1 übernimmt und hält, so daß die Raumbeleuchtung bis zum ersten Pfiff abgeschaltet bleibt.

Neben der Dämmerungsautomatik bildet dieser akustische Wechselschalter wohl das reizvollste Objekt des Bauplans; denn es entspricht der modernen Linie in der Elektronik, den Relaisaufwand zugunsten von Halbleitern immer kleiner zu machen. Außerdem ist seine Anwendung nicht auf das Schalten von Beleuchtungskörpern beschränkt. Die Frage ist lediglich, welche Objekte sich hinter den Relaiskontakten befinden. Die vielfältigen Möglichkeiten in Haushalt, Schule und Industrie wie auch in kybernetischen Modellen liegen auf der Hand.

Bild 36 bringt abschließend noch einen Vorschlag, wie im Fall der „engstmöglichen" Variante die Gleichrichterteile und der Relais-Elko unterzubringen sind.

7. Materialien und Bezugsquellen

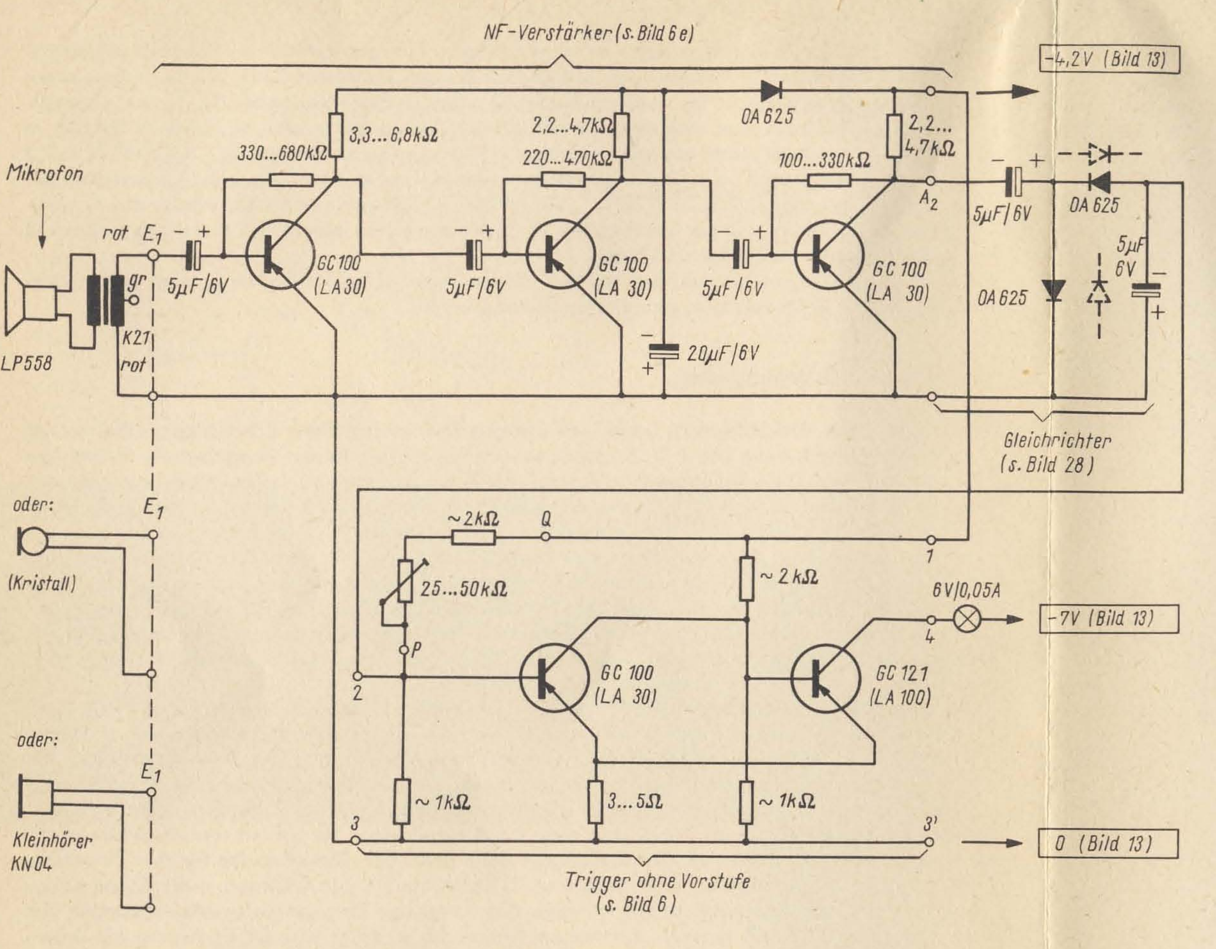
Die beiden ersten Baupläne haben gezeigt, daß es nicht sinnvoll ist, elektrische Werte von den Schaltungen getrennt aufzuführen. Außerdem konnten, abhängig von den Bezugsquellen, gewisse Unterschiede in den Preisen der Bauelemente festgestellt werden. Es ist verständlich, daß in Geschäften, die Überplan- oder gar sog. Schrottbestände erhalten, ein Widerstand oder Kondensator wesentlich billiger sein kann als im normalen Fachhandel. Der Käufer geht dabei allerdings das Risiko ein, teilweise andere als die aufgedruckten Werte zu erhalten. Das ist aber in vielen Fällen weniger kritisch, sofern nicht Präzisionsgeräte mit genau vorgegebenen Werten geschaffen werden sollen. Die im folgenden aufgeführten Preise sind daher als Richtwerte aufzufassen, an denen man den ungefähren Preisaufwand der Einzelgeräte abschätzen kann.

Schichtwiderstand 0,05 oder 0,125 W	0,25 MDN
Elektrolytkondensator 6/8 (12/15) V, abh. von Kapazität	2,00 MDN
Einstellregler für gedruckte Schaltungen, Form S	2,00 MDN
Heißleiter TNM	2,50 MDN
Selen-Fotoelement je nach Typ	6,00 MDN
Fotowiderstand CdS 8	10,00 MDN
Relais GBR 301 o. ä. für 6 V	8,00 MDN
Zählwerk (Gesprächszähler) 6 V	13,00 MDN
Klingeltransformator 220 V/3, 5, 8 V	7,00 MDN
Flächengleichrichter OY 100 (GY 100)	2,00 MDN
Spitzendiode OA 625	1,50 MDN
Transistor OC 870 bzw. GC 100	8,00 MDN
(Basteltransistor LA 30 (LF 871)	5,00 MDN)
(Basteltransistor LA 100 (LC 824)	4,00 MDN)
Transistor OC 825 bzw. GC 121	8,00 MDN
Lautsprecher LP 558 („Sternchen"-Lautsprecher)	10,00 MDN
Ausgangsübertrager K 21 („Sternchen"-Trafo) oder K31 („T100"-Trafo)	7,00 MDN
Glühlämpchen 6 V/0,05 A oder 3,8 V/0,07 A	0,40 MDN
Lanco-Schiebeumschalter Nr. 762U (notf. 760U oder 761U)	1,40 MDN
UKW-Flachstecker	0,50 MDN
Telefonbuchse	0,20 MDN
Frischhaltedose Polystyrol 250 cm^3	0,70 MDN
„Trocken"–Akku RZP 2	0,90 MDN
Bausatz 2GV 1	12,95 MDN
Bausatz KUV 1	10,45 MDN
Bausatz 2NV 1	17,20 MDN
Uhrmacherlupe	2,00 MDN

Aus den einzelnen Schaltungen und den aufgeführten Richtpreisen lassen sich leicht die Kosten für die gewünschte Anlage zusammenstellen.

Als Bezugsquellen für diese Teile können im allgemeinen alle einschlägigen Fachgeschäfte empfohlen werden. Besonders gute Erfahrungen hinsichtlich lichtempfindlicher Bauelemente und Relais sammelte der Autor im „funkamateur", Dresden N 23, Bürgerstraße 47. Doch auch die neu organisierten „Industrievertrieb-Läden" (früher RFT-Bauelemente) in den Bezirksstädten sind jetzt besser in der Lage, den Wünschen der Amateure Rechnung zu tragen. Die Kühlschrankbehälter werden auch einzeln in den einschlägigen Plast- und Haushaltwarenläden reichlich angeboten.

Schließlich soll noch auf eine Möglichkeit hingewiesen werden, die sich seit kurzer Zeit vor allem GST-Mitgliedern, Teilnehmern an Arbeitsgemeinschaften und schließlich jedem Amateur bietet. Bereits zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses dieses Bauplanes wurde über die GST der Vertrieb von „verwertbarem Ausschuß" an Halbleitern eingeleitet. Das „Sortiment 1" enthält 65 NF-, HF- und Leistungstransistoren sowie Flächengleichrichter. Erfahrungsgemäß sind davon etwa 50 Bauelemente den Ansprüchen der Amateurpraxis gewachsen. Preis je Beutel MDN 10,– (!). Voraussetzung für erfolgreichen Einsatz ist allerdings die Kenntnis der Daten. Der DMV kommt daher mit dem Original-Bauplan Nr. 4 dem durch das große Angebot an extrem billigen Transistoren in gleichem Maße gewachsenen Bedarf an einfachen Transistortestern nach. Auf Veranlassung der GST erscheint dieser Plan bereits Anfang 1966. Er wird außerdem zahlreiche Hinweise für einen vielseitigen Einsatz dieser Halbleiter enthalten. Auf diese Weise kommt der Amateur endlich voll in den Genuß der Möglichkeiten der modernen Halbleitertechnik. Bei Geräten für „ernsthafte" Anwendung empfiehlt es sich natürlich nach wie vor, die entsprechend zuverlässigeren (und damit teureren) „Markentransistoren" einzusetzen.



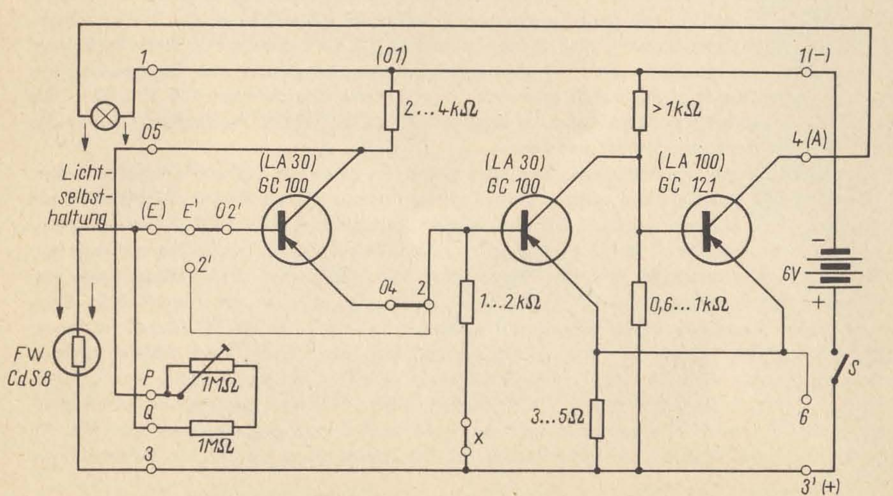
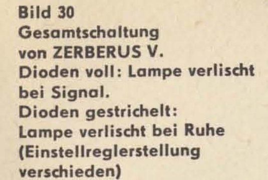


Bild 31
Schaltung von ZERBERUS VIa


Bild 30
Gesamtschaltung von ZERBERUS V.
Dioden voll: Lampe verlischt bei Signal.
Dioden gestrichelt: Lampe verlischt bei Ruhe (Einstellreglerstellung verschieden)

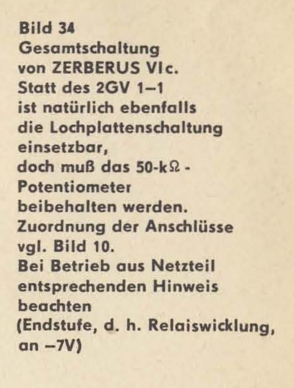
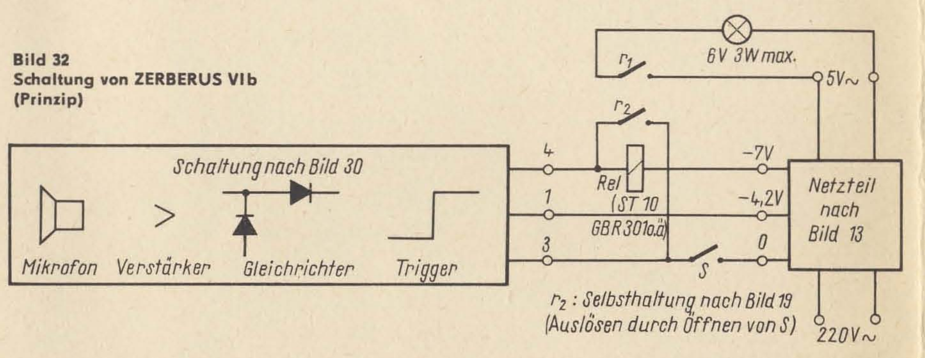

Bild 34
Gesamtschaltung von ZERBERUS VIc.
Statt des 2GV 1–1 ist natürlich ebenfalls die Lochplattenschaltung einsetzbar, doch muß das 50-kΩ-Potentiometer beibehalten werden.
Zuordnung der Anschlüsse vgl. Bild 10.
Bei Betrieb aus Netzteil entsprechenden Hinweis beachten (Endstufe, d. h. Relaiswicklung, an –7V)

Bild 32
Schaltung von ZERBERUS VIb (Prinzip)



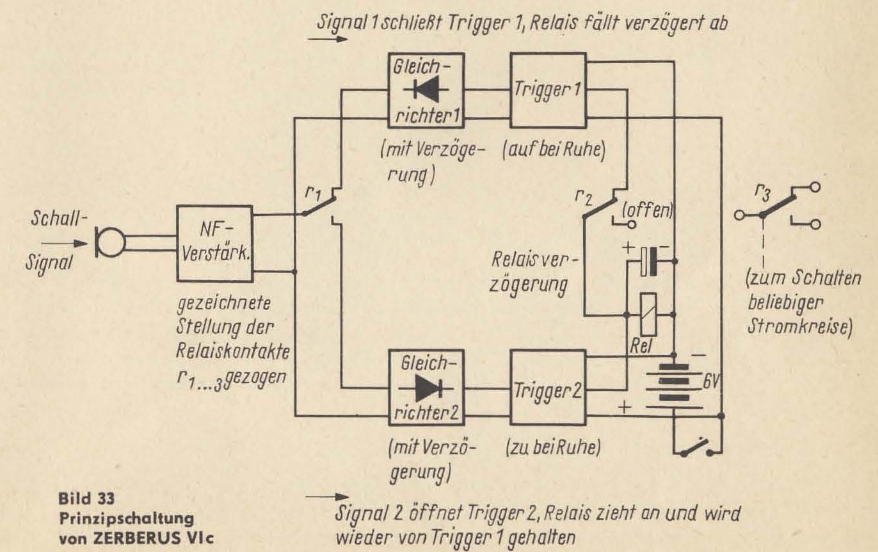


Bild 33
Prinzipschaltung von ZERBERUS VIc

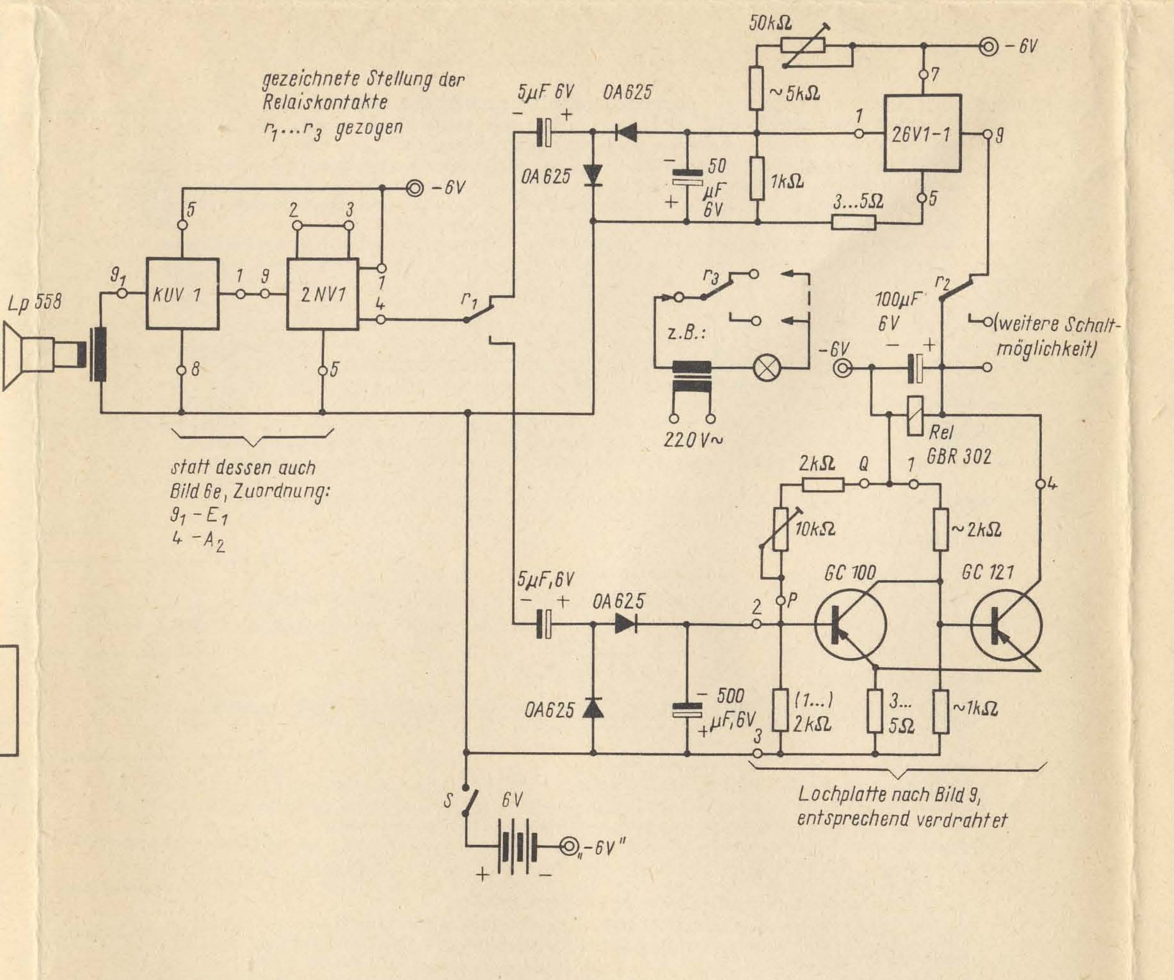


Bild 35
ZERBERUS VIc
in 250-cm³-Gehäuse nach Bild 11

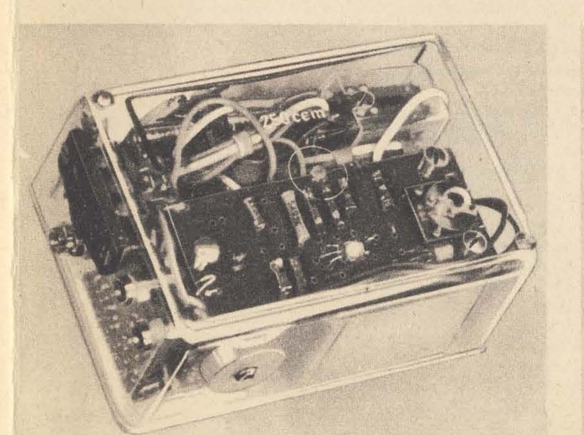
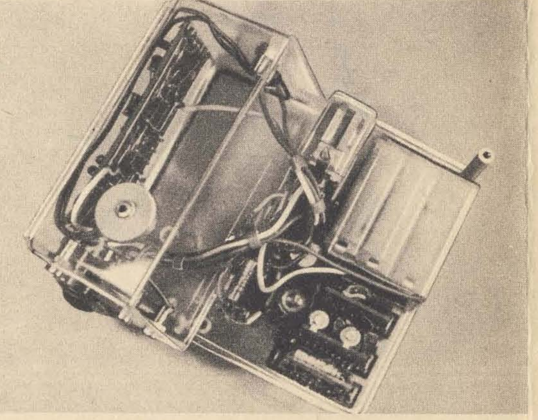


Bild 36
Innenansicht von ZERBERUS VIc



8. Literatur zum Thema

Der Deutsche Militärverlag bietet seit Jahren in seiner Reihe „Der praktische Funkamateur" und jetzt außerdem in der Reihe „Der junge Funker" Grundlagenliteratur mit Betonung der praktischen Seite für den Fortgeschrittenen und den Anfänger. Eine gute praktische und in den Grundlagen auch theoretische Einführung in die Bastelpraxis bildet K.-H. Schuberts „Großes Radiobastelbuch", Neuauflage 1966. Zur Überbrückung erscheinen in der Reihe „Der praktische Funkamateur" 1965 nochmals die drei Hefte über „Radiobasteln". Der in diesem Bauplan behandelten Thematik näher steht das 1965 erscheinende „Große Elektronikbastelbuch" von Hagen Jakubaschk. Dieses Buch stellt beim Nachbau allerdings besonders bezüglich der praktischen Fähigkeiten (konstruktiv und technologisch gesehen) einige Anforderungen, die zu erfüllen die Lektüre des „Großen Radiobastelbuchs" erleichtert.
Dem Verständnis der Transistortechnik, ohne die die moderne Amateurpraxis kaum noch denkbar ist, dient schließlich das bereits in 3., verbesserter und erweiterter Auflage erschienene Buch von H.-J. Fischer, „Transistortechnik für den Funkamateur".
Der weiter in die Materie eindringende Amateur, besonders wenn ihm das Hobby zum Beruf wird, greift dann später zu den Fachbüchern des VEB Verlag Technik, dessen Angebot auf die Belange des Ingenieurs abgestimmt ist. Weitere Fragen nach Möglichkeiten zur Fortbildung beantwortet gern jede Fachbuchhandlung. Aktuelle Probleme findet man schließlich in den Zeitschriften „funkamateur" (Deutscher Militärverlag) und „radio und fernsehen" (VEB Verlag Technik) behandelt.

1. bis 20. Tausend · Redaktionsschluß: 5. Januar 1965 · Deutscher Militärverlag · Berlin 1965 · Lizenz-Nr. 5
Zeichnungen: Hildegard Seidler · Lektor: Sonja Topolov · Pädagog. Berater: Studienrat G. Rätzel · Vorauskorrektor: Ilse Fähndrich · Korrektor: Rita Abraham · Hersteller: Günter Hennersdorf · Gesamtherstellung: Sachsendruck Plauen